

TUGAS AKHIR TERAPAN-RC146599

**PERENCANAAN ULANG STRUKTUR HOTEL 12 LANTAI DI
MALANG MENGGUNAKAN SISTEM GANDA DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN KOLOM, BALOK,DAN PELAT**

MAHASISWA

RIZKY DWI ZHAFIRA

NRP. 10111410000073

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES.

NIP. 195591130 198601 1 001

**PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**

TUGAS AKHIR TERAPAN- RC146599

**PERENCANAAN ULANG STRUKTUR HOTEL 12 LANTAI DI
MALANG MENGGUNAKAN SISTEM GANDA DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN KOLOM, BALOK,DAN PELAT**

MAHASISWA

RIZKY DWI ZHAFIRA

NRP. 10111410000073

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.

NIP. 195591130 198601 1 001

**PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**

FINAL PROJECT-RC146599

**THE REVIEWED STRUCTURE OF 12 STOREY HOTEL IN
MALANG USING DUAL SYSTEM AND THE METHOD OF
CONSTRUCTION**

RIZKY DWI ZHAFIRA

NRP. 10111410000073

SUPERVISOR

Ir. SUNGKONO, CES.

NIP. 195591130 198601 1 001

**DIPLOMA IV STUDY PROGRAM OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEER
FACULTY OF VOCATION
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**

LEMBAR PENGESAHAN

**“PERENCANAAN ULANG STRUKTUR HOTEL 12 LANTAI DI
MALANG MENGGUNAKAN SISTEM GANDA DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN KOLOM, BALOK,DAN PELAT”**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Terapan pada
Program Studi D-IV Jurusan Infrastruktur Teknik Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 31 Juli 2018

Disusun oleh



Rizky Dwi Zhafira
10111410000073

Wahyuni, Dosen
Pembimbing



Surakono, CES
NIP. 1955911301986011001

31 JUL 2018



BERITA ACARA
TUGAS AKHIR TERAPAN
PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :
041523/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2018

Tanggal : 16 Juli 2018

Judul Tugas Akhir Terapan	Perencanaan Ulang Struktur Hotel 12 Lantai Di Malang Menggunakan Sistem Ganda Dan Metode Pelaksanaan Pekerjaan Kolom, Balok, dan Pelat		
Nama Mahasiswa	Rizky Dwi Zhafrira	NRP	10111410000073
Dosen Pembimbing 1	Ir. Sungkono, CES NIP 19591130 198601 1 001	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
Dinding bata gubung penuh mestinya dibuatkan di dalam rumah jendela Cek kelonggaran untuk perbandingan penam pang lantir penulangan.	 Ir. Sukobar, MT. NIP 19571201 198601 1 002
Tata letak penulisan bab Pengacakan sistem struktur dg sistem ganda (identitas & format), hal. 221 - gambar lembar 4 etimologi gear. Garis sumber Sistem Struktur tangga	 Ir. Munarus Sluch, MS. NIP 19550408 198203 1 003
Tujuan dan kesimpulan harus dijelaskan Perencanaan ukuran anak tangga $i = 17,2$ sulit pelaksanaannya Perencanaan ukuran balok kawat lever	 Ir. A. Yusuf Z, PG, Plg NIP 19610608 198601 1 001
	 Ir. Sungkono, CES NIP 19591130 198601 1 001

Persetujuan Hasil Revisi			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Ir. Sukobar, MT. NIP 19571201 198601 1 002	Ir. Munarus Sluch, MS. NIP 19550408 198203 1 003	Ir. A. Yusuf Z, PG, Plg NIP 19610608 198601 1 001	Ir. Sungkono, CES NIP 19591130 198601 1 001

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	Ir. Sungkono, CES NIP 19591130 198601 1 001	NIP -



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diploamasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 RIZKY DWI ZHAIRA 2
NRP : 1 10 1114 00000 73 2
Judul Tugas Akhir : PERENCANAAN ULANG STRUKTUR HOTEL 12 LANTAI DI MALANG MENGGUNAKAN SISTEM GANDA DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN KOLDAM, BALOK, DAN PELAT.
Dosen Pembimbing : Ir. GungKANO, CES (NIP. 195591150 198601 1001)

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1	08-02-2018	Preliminary Desain (Balok, kolom, pelat, tangga, Shearwall)		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	15-03-2018	Analisis Pembebanan (Beban mati, beban hidup, beban angin, beban Gempa, Kombinasi pembebanan) Permodelan Struktur pada program bantu SAP 2000.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	17-03-2018	Kontrol Struktur (Pengecekan gaya pada balok, pengecekan gaya pada kolom, kontrol dual sistem, partisipasi masa, cek periode fundamental, kontrol gaya dinamis struktur, dan kontrol simpang- an antar lantai)		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	01-06-2018	Analisis Struktur (Peningkatan pelat, balok, kolom, Shearwall)		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Tertinggal dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Memur 127 Surabaya 80116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diploimasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama

: **1 RIZKY DWI ZHAFIRA** **2**

NRP

: **1 1011141 0000073** **2**

Judul Tugas Akhir

: **PERENCANAAN ULANG STRUKTUR HOTEL 12 LANTAI DI MALANG MENGGUNAKAN SISTEM GANDA DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN KOLOM, BALOK, DAN PLAT**

Dosen Pembimbing

: **Ir. Sunggono, CFS (NIP.195591130 198601 1001)**

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
5	12-07-2018	- Penyusunan Laporan				
		- Gambar tangga notasi diperbesar.		B	C	K
		- Garis tebal dan putus-putus pada penggambaran penulangan pelat.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
6	14-07-2018	- Mapping untuk presentasi sidang		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Dapur gedung tanah dori hasil SPT menggunakan Mayerhof		B	C	K
7	15-07-2018	Gambar detail portal diberi Keyplan Gambar penulangan pelat terbalik.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.

- B = Lebih cepat dari jadwal
- C = Sesuai dengan jadwal
- K = Terlambat dari jadwal

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR HOTEL 12 LANTAI DI MALANG MENGGUNAKAN SISTEM GANDA DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN KOLOM,BALOK,DAN PELAT

Nama Mahasiswa : Rizky Dwi Zhafira
NRP : 10111410000073
Jurusan : Diploma IV Departemen
Infrastruktur Sipil FV-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Sungkono, CES.
NIP : 19591130 198601 1001

ABSTRAK

Penyusunan tugas akhir yang berjudul Perencanaan Ulang Struktur Hotel 12 Lantai di Malang dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan *Shearwall* ini menggunakan data Hotel City Malang yang terletak di lokasi Jalan Dr. Cipto no.11 Malang, sebagai objek. Proyek dengan luas 1974 m² ini di desain dengan 13 lantai dengan fungsi *rooftop* sebagai taman. Namun dalam Tugas Akhir Terapan ini gedung akan direncanakan ulang menjadi 12 lantai dengan menggunakan atap deck beton. Klasifikasi Situs yang diperoleh berdasarkan Test SPT adalah Situs Kelas SD, maka digunakanlah metode Sistem Ganda (SRPMK dan *Shearwall*). Perhitungan struktur menggunakan metode sistem ganda yaitu sistem rangka pemikul momen khusus dan dinding geser yang mengacu pada SNI 03-1726-2012: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung. Perencanaan beban akibat gempa menggunakan respon spektrum desain. Sedangkan, pembebanan non-gempa mengacu pada SNI 03-1727-2013: Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Keseluruhan struktur adalah beton bertulang, yang mengacu pada

SNI 03-2847-2013: Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung. Hasil dari perhitungan perencanaan ini, diperoleh struktur atas yaitu balok, kolom, plat lantai, plat tangga, dan dinding geser, yang diwujudkan dalam bentuk laporan perhitungan struktur dengan disertai gambar yang dapat dijadikan acuan dalam pelaksanaan pembangunan. Serta pada akhir perhitungan terdapat metode pelaksanaan kolom, balok, dan pelat.

Kata kunci: Gedung beton bertulang, Sistem Ganda, Desain Respon Spektrum, Dinding Geser.

THE REVIEWED STRUCTURE OF 12 STOREY HOTEL IN MALANG USING DUAL SYSTEM AND THE METHOD OF CONSTRUCTION

Name of Student : Rizky Dwi Zhafira
NRP : 10111410000073
Department : Diploma IV Department of Civil
Infrastructure- Faculty of Vocation
ITS
Supervisor : Ir. Sungkono, CES.
NIP : 19591130 198601 1001

ABSTRACT

This report used existing data of the project. It located in Dr. Cipto Street No,11 Malang with building area of 1974 m². This project is using Special Momen Resisting Frame system and Shearwall (Dual System) and has 13 floors with garden rooftop. In this report ,the building are modified into 12 floors with roof structure of concrete plate. Based on the Standard Penetration Test (SPT), it's found that the soil of the building is medium condition (SD class) and based on its function, this building is included in risk of category II . So the building included into seismic design category D. The structural analysis use dual system method, which is Special Moment Rseisting Frame System and Shearwall refer to SNI 03-1726-2012 and SNI 03-1726-2013. The secondary structure like plate,stairways,and secondary beam were carried by the primary structure such as foundation,sloof,beam,column,joint of beam and column,and also shearwall. The entire structure is using concrete reinforcement that refer to SNI 03-2847-2013. From the analysis result and structure calculation, the dimention and the reinforcement of secondary beam,plate,stairways,primary beam,column,joint of beam and column,shearwall,sloof,and also

shearwall are reported and will presented to engineering drawing for implementation of build. And after analysis structure result,there are construction method of column,beam,and plate.

Keyword: Building, Dual system, Dynamic response analysis, Shearwall.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan berkah,rahmat dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir Terapan dengan judul “Perencanaan Ulang Struktur Hotel 12 Lantai Di Malang Menggunakan Sistem Ganda dan Metode Pelaksanaan Pekerjaan Kolom,Balok,dan Pelat” dapat terselesaikan dengan tepat waktu.

Tersusunnya Tugas Akhir Terapan ini tidak lepas dari doa,dukungan dan motivasi berbagai pihak yang telah banyak membantu dan memberikan masukan serta arahan. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu,bapak,dan kakak, sebagai motivasi utama dan yang telah banyak memberi dukungan moril maupun materiil,terutama doa.
2. Bapak Dr.Machsus, ST.MT., selaku coordinator Program Studi DIV Teknik Infrastruktur Sipil.
3. Bapak Ir.Sungkono,CES , selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama pengusunan TAT.
4. Ibu Amalia Firdaus Mawardi,ST.,MT., selaku dosen wali.
5. Teman-teman kos Muslimah, B14, DS35 yang selalu menyemangati, serta semua pihak yang telah membantu dalam meyelesaikan TAT ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan TAT ini terdapat kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna,untuk itu diharapkan terdapat kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan TAT ini. Demikian,semoga TAT ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Deskripsi Proyek	3
BAB II TINJAUAN PERENCANAAN.....	7
2.1 Umum.....	7
2.2 Peraturan Yang Digunakan	7
2.3 Pembebanan	7
2.4 Kombinasi Pembebanan.....	18
2.5 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).....	18
2.6 Perencanaan Pelat.....	19
2.7 Preliminary Dimensi Tangga	27
2.8 Perencanaan Balok	28

2.9 Perencanaan Kolom	36
2.10 Joint Balok Kolom	41
2.11 Dinding Geser	42
2.12 Pengertian Sistem Ganda	44
BAB III METODOLOGI	47
3.1 Data Perencanaan	47
3.2 Pengumpulan Data.....	47
3.3 Perencanaan Ulang dan Penentuan Kriteria Desain	48
3.3.1 Perencanaan Ulang Struktur	48
3.4 Preliminary Desain	51
3.4.1 Penentuan Dimensi Pelat	51
3.4.2 Penentuan Dimensi Balok Sloof.....	52
3.4.3 Penentuan Dimensi Balok	52
3.4.4 Penentuan Dimensi Kolom.....	52
3.4.5 Penentuan Dimensi Tangga.....	53
3.5 Pembebanan Struktur.....	53
3.6 Analisa Struktur.....	54
3.7 Perhitungan Tulangan.....	54
3.8 Gambar Perencanaan	54
3.9 Metode Pelaksanaan.....	55
3.10 Flow Chart.....	57
BAB IV PRELIMINARY DESIGN	59
4.1 Data Desain Preliminari	59
4.2 Perencanaan Dimensi Balok.....	59

4.4	Perencanaan Dimensi Kolom	65
4.5	Perencanaan Dimensi Sloof.....	66
4.6	Perencanaan Dimensi Tangga	67
4.7	Perencanaan Dimensi Dinding Geser	68
BAB V PEMBEBANAN DAN ANALISA PERMODELAN		69
5.1	Pembebanan.....	69
5.2	Permodelan Struktur	87
BAB VI ANALISIS STRUKTUR SEKUNDER DAN STRUKTUR PRIMER		109
6.1	Perhitungan Struktur Sekunder.....	109
6.1.1	Perhitungan Struktur Pelat Lantai.....	109
6.1.2	Perhitungan Struktur Tangga.....	122
6.1.3	Perhitungan Balok Penggantung Lift	133
6.1.4	Perhitungan Balok Anak.....	140
6.1.5	Perhitungan Balok Kantilever	148
6.2	Perhitungan Struktur Primer	156
6.2.1	Desain Struktur Balok Induk	156
6.2.3	Desain Struktur Kolom.....	182
6.2.4	Desain Hubungan Balok-Kolom (HBK)	194
6.2.5	Analisa Struktur Dinding Geser (Shearwall)	196
BAB VII DESAIN STRUKTUR PONDASI		209
7.1.	Umum	209
7.2.	Perhitungan Pondasi	209
7.2.1.	Perhitungan Daya dukung Tanah	209

7.2.2.	Perhitungan Pondasi Tipe P1	211
7.2.3.	Perhitungan Pondasi Tipe P2	222
7.2.4.	Perhitungan Pondasi Tipe P3	238
7.2.5.	Perhitungan Pondasi Tipe P4	250
BAB VIII METODE PELAKSANAAN		261
8.1.	Metode Pelaksanaan Kolom,Balok,dan Plat	261
BAB IX PENUTUP		271
9.1	Kesimpulan	271
9.2	Saran	275
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		
BIODATA PENULIS		
UCAPAN TERIMAKASIH		

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Denah Lokasi Proyek.....	4
Gambar 1. 2Tampak Depan Proyek	4
 Gambar 2. 1 Peta respon spektra percepatan 0.2 detik (SS) di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun	9
Gambar 2. 2 Peta respon spektra percepatan 1.0 detik (S1) di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun	10
Gambar 2. 3 Detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar	27
Gambar 2. 4 Persyaratan Tulangan Lentur Balok	29
Gambar 2. 5 Tulangan Transversal Balok.....	31
Gambar 2. 6 Gaya Geser Desain untuk Balok.....	32
Gambar 2. 7 Gaya Geser Desain untuk Balok.....	32
Gambar 2. 8 Faktor Panjang Efektif (K)	38
Gambar 2. 9 Gaya Lintang pada Kolom Akibat Beban Gravitasi Terfaktor.....	39
Gambar 2. 10 Luas Joint Efektif.....	42
 Gambar 3. 1 Perbandingan Tampak Eksisting dengan Perencanaan Ulang	49
 Gambar 5. 1 Dimensi Elevator	72
Gambar 5. 2 Reaksi Pergerakan Lift	73
Gambar 5. 3 Pembebanan pada Balok Penggantung Lift.....	74
Gambar 5. 4 SNI 1727-2013 Tabel 26 11-1	76
Gambar 5. 5 SNI 1727-2013 Tabel 26.9.1	76
Gambar 5. 6 Pengaruh Angin pada Dinding.....	77
Gambar 5. 7 Koefisien Tekanan Dinding	77

Gambar 5. 8 Peta Respon Spectra Percepatan 0,2 dtk Ss	80
Gambar 5. 9 Peta Respon Spectra Percepatan 1 dtk S1.....	81
Gambar 5. 10 SNI 1726-2012 Tabel 4 Koefisien Situs Fa	81
Gambar 5. 11 SNI 1726-2012 Tabel 5 Koefisien Situs Fv	82
Gambar 5. 12 Grafik Respons Spektrum.....	85
Gambar 5. 13 Balok yang ditinjau.....	87
Gambar 5. 14 Tributary Area pada Balok yang diinjau.....	88
Gambar 5. 15 Kolom yang ditinjau untuk Kontrol Gaya Dalam..	90
Gambar 5. 16 Tributary Area pada Kolom yang ditinjau	91
Gambar 5. 17 Permodelan Eksisting pada SAP	94
Gambar 5. 18 Letak Dinding Geser Eksisting	94
Gambar 5. 19 Permodelan Modifikasi pada SAP	99
Gambar 5. 20 Denah Rencana Ulang Letak Dinding Geser	99
Gambar 6. 1 Pelat Tipe 1	111
Gambar 6. 2 Tabel Koefisien Momen dari PBI 1971	112
Gambar 6. 3 Permodelan Tangga menggunakan SAP2000.....	125
Gambar 6. 4 Diagram Gaya Geser Goyangan ke Kanan	172
Gambar 6. 5 Diagram Gaya Geser Goyangan ke Kiri	173
Gambar 6. 6 Diagram Interaksi P-M pada program PcaColumn	185
Gambar 6. 7 Konfigurasi Penulangan Kolom pada Program PcaColumn	185
Gambar 6. 8 Diagram Interaksi Dinding Struktural pada SpColumn	202
Gambar 6. 9 Hasil Control Pints dari Program SpColumn.....	203
Gambar 7. 1 Gaya yang terjadi pada Poer dan Tiang Pancang P1	214
Gambar 7. 2 Pondasi yang ditinjau dari Arah X P1	219
Gambar 7. 3 Pondasi yang ditinjau dari Arah Y P1	220
Gambar 7. 4 Eksentrisitas Pondasi Gabungan.....	224

Gambar 7. 5 Eksentrisitas Pondasi Gabungan.....	225
Gambar 7. 6 Eksentrisitas Pondasi Gabungan.....	226
Gambar 7. 7 Gaya yang terjadi pada Poer dan Tiang Pancang P2	228
Gambar 7. 8 Pondasi yang ditinjau dari Arah X P2	235
Gambar 7. 9 Pondasi yang ditinjau dari Arah Y P2	237
Gambar 7. 10 Gaya yang terjadi pada Poer dan Tiang Pancang P3	241
Gambar 7. 11 Pondasi yang ditinjau dari Arah X P3	247
Gambar 7. 12 Pondasi yang ditinjau dari Arah Y P3	248
Gambar 7. 13 Gaya yang terjadi pada Poer dan Tiang Pancang P4	253
Gambar 7. 14 Pondasi yang ditinjau dari Arah X P4	258
Gambar 7. 15 Pondasi yang ditinjau dari Arah Y P4	259
Gambar 8. 1 Tower Crane	261
Gambar 8. 2 Tulangan Kolom untuk Penyaluran dari Pilecap ..	262
Gambar 8. 3 Tulangan Kolom yang sudah terpasang.....	262
Gambar 8. 4 Pemasangan Bekisting Kolom.....	263
Gambar 8. 5 Pengecoran Kolom.....	264
Gambar 8. 6 Pemasangan Scaffolding.....	264
Gambar 8. 7 Pemasangan Bekisting Balok	265
Gambar 8. 8 pemasangan Tulangan Balok.....	265
Gambar 8. 9 Pemasangan Bekisting Pelat.....	266
Gambar 8. 10 Pemasangan Tulangan Pelat	267
Gambar 8. 11 Pengecoran Balok	268
Gambar 8. 12 Pengecoran Plat	268
Gambar 8. 13 Contoh Kolom,balok,dan Plat yang sudah dikerjakan	269

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Klasifikasi Situs.....	10
Tabel 2 Koefisien Situs (F_a).....	11
Tabel 3 Koefisien Situs (F_v).....	12
Tabel 4. Kategori Risiko.....	13
Tabel 5. Faktor Keutamaan Gempa.....	13
Tabel 6. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek.....	14
Tabel 7. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik	14
Tabel 8. Koefisien untuk Batasan Atas pada Periode yang Dihitung (C_u)	15
Tabel 9. Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa	16
Tabel 10. Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung	19
Tabel 11. Tebal minimum untuk pelat satu arah	21
Tabel 12. Tebal minimum pelat tanpa balok interior SNI- Tabel 10).....	22
Tabel 13. Panjang Penyaluran Tulangan dalam Kondisi Tarik	34
Tabel 14. Panjang Penyaluran Tulangan dalam Kondisi Tarik	48
Tabel 15 Spesifikasi Lift Hyundai Luxen Manufacturer Standard	71
Tabel 16 Spesifikasi Lift Hyundai Luxen Manufacturer Standard (lanjutan)	72
Tabel 17 Perhitungan SPT rata-rata.....	79
Tabel 18 Hasil Spektrum Respon Desain	83
Tabel 19 Rekapitulasi Beban yang dipikul oleh kolom.....	92
Tabel 20 Periode Fundamental Eksisting pada SAP	95
Tabel 21 Nilai C_t dan X	96
Tabel 22 Nilai C_u	96

Tabel 23 Kontrol Simpangan Antar Lantai Sumbu X Eksisting	.97
Tabel 24 Kontrol Simpangan Antar Lantai Sumbu Y Eksisting	.98
Tabel 25 Besar Gaya Gempa yang ditumpu SRPM dan Shearwall pada Kombinasi Beban Gempa	101
Tabel 26 Presentase Struktur dalam Manahan Gaya Gempa	101
Tabel 27 Modal Load Participation Ratio	101
Tabel 28 Periode Fundamental Struktur pada Modal dari SAP	102
Tabel 29 Nilai Ct dan X	102
Tabel 30 Nilai Cu	103
Tabel 31 Berat Struktur didapatkan dari Base Reaction Fz	105
Tabel 32 Base reaction dari Program SAP2000	106
Tabel 33 base Reaction dari Program SAP2000 setelah dimasukkan Faktor Pembesaran	107
Tabel 34 Kontrol Simpangan Antar Lantai pada Sumpu X	107
Tabel 35 Kontrol Simpangan Antar Lantai pada Sumbu Y	108
Tabel 36 Hasil Perhitungan Kebutuhan Tulangan P1	121
Tabel 37 Hasil Perhitungan Kebutuhan Tulangan Pelat Tangga dan Bordes	132
Tabel 38 Hasil Rekapitulasi Kondisi 1 sampai dengan 4	171
Tabel 39 cek Gaya Geser V sway	173
Tabel 40 Hasil Perhitungan SAP2000 pada SCUT1	197
Tabel 41 Daya Dukung Tanah	210
Tabel 42 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat P1	214
Tabel 43 Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat (1D+1L) P2	229
Tabel 44 Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat (1,2D+Ex) P2	230
Tabel 45 Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat (1,2D+Ey) P2	231
Tabel 46 Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat P3	242
Tabel 47 Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat P4	253
Tabel 48 Kesimpulan Plat	272

Tabel 49 Kesimpulan Pelat tangga dan Bordes	272
Tabel 50 Kesimpulan Balok Sekunder	273
Tabel 51 Kesimpulan Balok Primer	273
Tabel 52 Kesimpulan Kolom.....	274
Tabel 53 Kesimpulan <i>Shearwall</i>	274
Tabel 54 Pondasi	275

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah Negara yang sebagian besar wilayahnya termasuk dalam area cincin api pasifik. Area cincin api pasifik adalah area yang sering mengalami gempa dibandingkan dengan area lainnya. Dengan adanya fenomena ini, teknologi konstruksi juga semakin berkembang. Banyak metode yang dapat dilakukan untuk menangani area yang rawan gempa, salah satunya adalah dengan metode sistem ganda (*dual system*). Metode ini dirasa paling efisien karena memanfaatkan kekuatan dari dinding geser dan sistem rangka yang memiliki arah defleksi yang berlawanan. Akibat beban lateral, dinding geser akan berperilaku *flexural/bending mode*, sedangkan frame akan berdeformasi dalam *shear mode*, dengan demikian, gaya geser dipikul oleh frame pada bagian atas dan dinding geser memikul gaya geser pada bagian bawah.

Pada tugas akhir ini perencanaan pembangunan City Hotel in Malang yang terletak di Malang akan direncanakan ulang menjadi 12 lantai dengan menggunakan struktur atap deck beton. 12 lantai tersebut terdiri dari 7 lantai fasilitas umum dan 5 lantai untuk unit penginapan. Sistem yang akan digunakan adalah SRPMK (Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus) dan dinding geser. Hal ini dilakukan agar bangunan gedung ini dapat memikul beban yang terjadi baik beban gravitasi maupun beban lateral (gempa) pada wilayah zona gempa yang tinggi. Pedoman perhitungan perencanaan gedung tahan gempa di Indonesia adalah SNI 2847-2013 dan SNI 1726-2012 yang membahas tentang persyaratan beton structural untuk bangunan gedung dan tata cara desain ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.

Dan untuk beban minimum perencanaan gedung dan struktur lain berdasar pada SNI 1727-2013.

1.2 Rumusan Masalah

- 1) Bagaimana menerapkan konsep desain SRPMK dan *Shearwall* pada bangunan?
- 2) Bagaimana merencanakan dimensi elemen struktur sekunder, meliputi: pelat dan tangga yang efisien ?
- 3) Bagaimana merencanakan dimensi elemen struktur utama, meliputi: kolom, balok, hubungan balok-kolom, dan *shearwall* yang efisien dan sesuai SNI 03-2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung?
- 4) Bagaimana menggambar hasil perencanaan menjadi bentuk gambar kerja dengan program bantu *AutoCAD*?

1.3 Tujuan

- 1) Dapat menerapkan konsep desain SRPMK dan *Shearwall* pada bangunan
- 2) Dapat merencanakan dimensi elemen struktur sekunder, meliputi: plat, balok anak, dan tangga yang efisien.
- 3) Dapat merencanakan dimensi elemen struktur utama, meliputi: kolom, balok, joint balok-kolom, dan *shearwall* yang efisien dan sesuai SNI 03-2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
- 4) Dapat menggambar hasil perencanaan menjadi bentuk gambar kerja dengan program bantu *AutoCAD*

1.4 Batasan Masalah

- 1) Tidak termasuk memperhitungkan sistem utilitas bangunan, pembuangan saluran air bersih dan kotor, instalasi listrik, serta pekerjaan finishing
- 2) Tidak meninjau segi arsitektural
- 3) Perencanaan bangunan atas meliputi:

- a. Struktur atap : *deck* beton
 - b. Struktur utama : Balok, kolom, hubungan balok kolom, dan *shearwall*.
 - c. Struktur sekunder : Tangga, balok anak dan plat lantai.
- 4) Perencanaan bangunan bawah meliputi: Sloof, pilecap, dan tiang pancang.
 - 5) Perhitungan hanya dilakukan 2 portal yang telah ditentukan.
 - 6) Tidak meninjau metode pelaksanaan secara keseluruhan
 - 7) Pembebanan gempa hanya dilakukan dengan metode dinamis respon spectrum
 - 8) Tidak meninjau dari segi anggaran biaya dan manajemen konstruksi

1.5 Manfaat
Mendapatkan desain bangunan gedung Hotel City in Malang dengan menggunakan SRPMK dan *Shearwall*.

1.6 Deskripsi Proyek
Data proyek pembangunan struktur gedung ini adalah sebagai berikut:

Nama Proyek : Hotel City in Malang

Alamat Proyek : Jl. Dr. Cipto No.11, Malang

Pemilik Proyek : PT. Griya Mapan Sejahtera

Kontraktor : PT. Nusa Raya Cipta

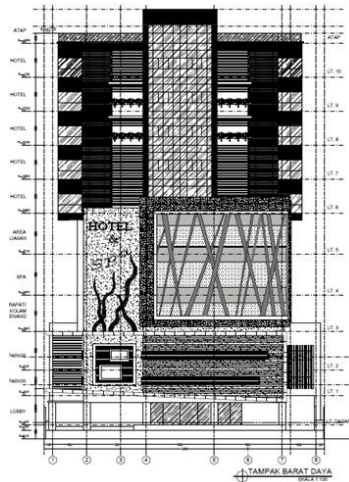
Struktur Bangunan: Beton Bertulang

Struktur Atap : Rangka Atap Baja dan *Deck* Beton



Gambar 1. 1 Denah Lokasi Proyek

Tampak Proyek:



Gambar 1. 2Tampak Depan Proyek

Perubahan Proyek:

Proyek Hotel City in Malang dalam Tugas Akhir ini akan direncanakan dengan Sistem Ganda (SRPPMK dan dinding geser). Gedung ini memiliki 13 lantai dengan *rooftop* untuk fungsi taman, namun dalam Tugas Akhir ini akan direncanakan ulang menjadi 12 lantai dengan atap menggunakan struktur atap *deck* beton.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PERENCANAAN

Tinjauan pustaka dalam Perencanaan Ulang Struktur Hotel 12 Lantai di Malang dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Sistem Ganda adalah sebagai berikut:

2.1 Umum

Desain struktur gedung City Hotel in Malang menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus. Namun dalam tugas akhir ini akan direncanakan modifikasi struktur gedung Hotel City Malang menggunakan SRPMK dan sistem ganda, dimana sistem *open frame* digabung dengan dinding geser (*shearwall*). Maka dalam tinjauan pustaka berikut akan membahas beberapa dasar teori yang mendukung dalam penyusunan tugas akhir terapan ini.

2.2 Peraturan Yang Digunakan

1. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013)
2. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2012)
3. Beban Minimum untuk Perancangan Gedung dan Struktur Lain (SNI-1727-2013)

2.3 Pembebanan

Pada suatu struktur gedung mempunyai beban-beban yang dipikul oleh bangunan tersebut, baik beban tetap maupun tidak tetap. Dalam penentuan beban yang terjadi pada bangunan, menurut ketentuan dibedakan sebagai berikut :

1. Beban Mati

Dalam menentukan beban mati struktur bangunan sebagai berikut:

- Beban mati pada pelat atap, terdiri dari:

- Berat sendiri pelat
- Beban plafond dan rangka
- Beban instalasi listrik
- Beban perpipaan
- Beban mati pada pelat lantai, terdiri dari:
 - Berat sendiri pelat
 - Beban pasangan keramik
 - Beban spesi
 - Beban plafond dan rangka
 - Beban instalasi listrik
 - Beban perpipaan
- Beban mati pada balok, terdiri dari:
 - Berat sendiri balok
 - Beban mati pada plat
 - Berat dinding bata ringan

2. Beban Hidup

Berdasarkan SNI 1727-2013 beban hidup untuk proyek Hotel 12 Lantai di adalah :

- Beban hidup untuk atap Apartemen/Hotel 96 kg/m^2
- Beban hidup untuk lantai Apartemen/Hotel 192 kg/m^2
- Beban hidup untuk lantai parkir Apartemen/Hotel 479 kg/m^2
- Ruang makan dan restoran 479 kg/m^2
- Ruang publik yang melayani mereka 479 kg/m^2

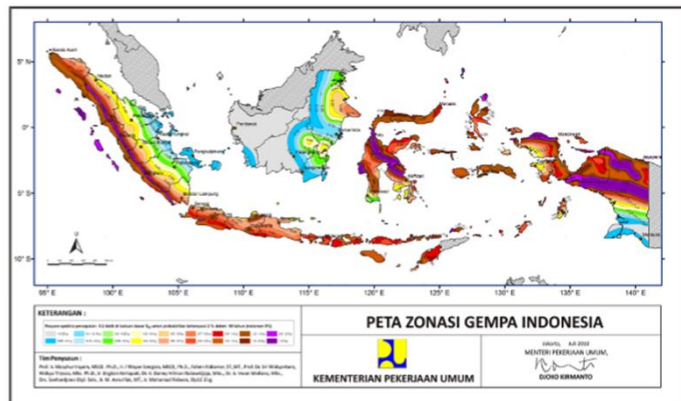
3. Beban Gempa

Beban Gempa adalah semua beban dinamis yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamis, maka yang diartikan dengan gempa di sini adalah gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu.

Dalam perencanaan beban gempa pada gedung Hotel 12 Lantai di Malang dihitung dengan menggunakan metode statik ekuivalen :

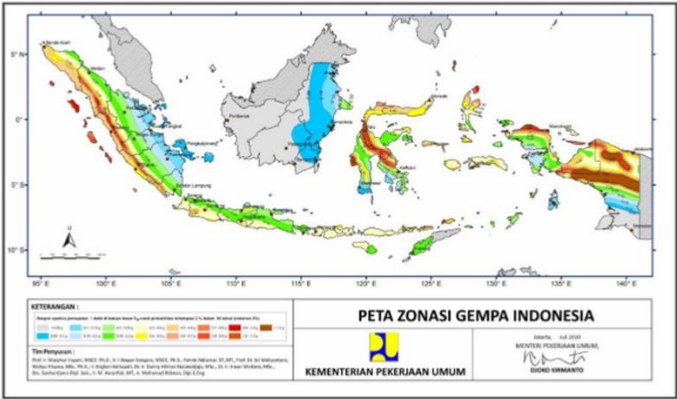
1) Parameter Percepatan Terpetakan

Berdasarkan SNI 1726:2012 pada pasal 14, untuk wilayah gempa Indonesia ditetapkan berdasarkan parameter S_s (percepatan batuan dasar pada perioda pendek 0,2 detik) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik). S_s dan S_1 ditentukan dengan melihat peta wilayah gempa Indonesia tahun 2010.



Gambar 2. 1 Peta respon spektra percepatan 0.2 detik (SS) di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun

Sumber : Peta gempa Indonesia 2010



Gambar 2. 2 Peta respon spektra percepatan 1.0 detik (S1) di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun

Sumber : Peta gempa Indonesia 2010

- 2) Untuk perhitungan beban gempa digunakan data tanah SPT kemudian dilakukan perhitungan nilai SPT rata-rata (N_{SPT}) sesuai SNI 1726:2012

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n \frac{di}{Ni}}$$

Dari nilai N_{SPT} dapat ditentukan Kelas Situs Tanah dengan tabel 2.2.1 berikut sesuai SNI 1726:2012

Tabel 1 Klasifikasi Situs

Kelas situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras)	350 sampai 750	>50	≥ 100

SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas $PI > 20$, 2. Kadar air , $w \geq 40 \%$ 3. Kuat geser niralir $S_u < 25 \text{ Kpa}$		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik- situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : -Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitive, tanah tersementasi lemah -Lempung sangat organic dan / atau gambut (ketebalan $H > 3 \text{ m}$) -Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5 \text{ m}$ dengan indeks plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35 \text{ m}$ dengan $S_u < 50 \text{ kPa}$		

- 3) Setelah mengetahui Kelas Situs Tanah, kemudian mencari nilai S_s dan S_1 berdasarkan Peta Hazard Gempa Indonesia 2010 (gempa 500 tahun)
- 4) Menentukan Koefisien Situs Periode 0,2 detik (F_a) dan Koefisien Situs Periode 1 detik (F_v) berdasarkan tabel 2.2.2 dan tabel 2.2.3 berikut sesuai dengan SNI 1726:2012.

Tabel 2 Koefisien Situs (F_a)

Kelas situs	Parameter respons spectral percepatan gempa MCER terpetakan pada periode pendek , T=0,2 detik, S _s				
	S _s ≤ 0,25	S _s = 0,5	S _s = 0,75	S _s = 1,0	S ₁ ≥ 1,25
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

Catatan : Untuk nilai S_s dapat dilakukan interpolasi linier

Tabel 3 Koefisien Situs (F_v)

Kelas situs	Parameter respons spectral percepatan gempa MCER terpetakan periode 1 detik, S ₁				
	S ₁ ≤ 0,1	S ₁ = 0,2	S ₁ = 0,3	S ₁ = 0,4	S ₁ ≥ 0,5
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

Sumber : SNI 1726:2012 Tabel 5

- 5) Menentukan Parameter Spektrum Respons percepatan pada periode 0,2 detik (S_{MS}) sesuai SNI 1726:2012

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

- 6) Menentukan Parameter Spektrum Respons percepatan pada periode 1 detik (S_{M1}) sesuai SNI 1726:2012.

$$S_{M1} = F_v \times S_1$$

- 7) Parameter percepatan spektral desain untuk perioda 0,2 detik sesuai SNI 1726:2012.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS}$$

- 8) Parameter percepatan spektral desain untuk perioda 1 detik sesuai SNI 1726:2012.

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1}$$

- 9) Menentukan kategori resiko dan faktor keutamaan gempa (I) struktur bangunan sesuai SNI 1726:2012 bisa dilihat pada tabel 2.2.4 dan 2.2.5 dibawah ini :

Tabel 4. Kategori Risiko

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan/mall - Bangunan industry - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II

Tabel 5. Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa (<i>I_e</i>)
II	1,0

- 10) Kemudian mencari KDS untuk lokasi bangunan tersebut sesuai SNI 1726:2012 pada tabel 2.2.6 dan tabel 2.2.7 dibawah ini

Tabel 6. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek

Nilai <i>SDS</i>	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$SDS < 0,167$	A	A
$0,167 \leq SDS \leq 0,33$	B	C
$0,33 \leq SDS \leq 0,50$	C	D
$0,33 \leq SDS$	D	D

Sumber : SNI 1726:2012 Tabel 6

Tabel 7. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik

Nilai <i>SDI</i>	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$SDI < 0,167$	A	A
$0,167 \leq SDI \leq 0,133$	B	C

$0,133 \leq SDI \leq 0,20$	C	D
$0,20 \leq SDI$	D	D

Sumber : SNI 1726:2012 Tabel 7

- 11) Kemudian menentukan besar perioda fundamental struktur (T) pada suatu bangunan sesuai SNI 1726:2012 pada pasal 7.8.2

$$T_a = C_t \times h_n^x$$

Dimana :

h_n = Tinggi bangunan (m)

C_t = 0,0466

X = 0,9

- 12) Hitung koefisien untuk batasan atas pada perioda yang dihitung (C_u)

Tabel 8. Koefisien untuk Batasan Atas pada Perioda yang Dihitung (C_u)

Parameter Percepatan Respons Spektral Desain pada 1 Detik, SDI	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Sumber : SNI 1726:2012 Tabel 14

13) Cek nilai (T_c) periode fundamental struktur yang diperoleh dari program analisa struktur

14) Perioda fundamental struktur yang digunakan

$$\text{Jika } T_c > C_u \cdot T_a \rightarrow T = C_u \cdot T_a$$

$$\text{Jika } T_a < T_c < C_u \cdot T_a \rightarrow T = T_c$$

$$\text{Jika } T_c < T_a \rightarrow T = T_a$$

15) Menentukan nilai koefisien modifikasi respon (R) sesuai SNI 1726:2012 diuraikan pada tabel 2.2.9 dibawah ini :

Tabel 9. Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa

Sistem Penahan Gaya Seismik	Koefisien Modifikasi Respon, R	Faktor Kuat-lebih sistem, Ω_0	Faktor Pembesaran Defleksi C_d	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m)				
				Kategori Desain Seismik				
				B	C	D	E	F
6. Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Menengah	5	3	4,5	T B	T B	T I	T I	T I

Sumber : SNI 1726:2012 Tabel 9

16) Menghitung koefisien respons seismic

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I_e}}$$

17) Menentukan T_0 dan T_s

$$T_0 = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

18) Membuat respons spektrum gempa sesuai SNI 1726:2012 pasal 6.4.1.

- Untuk perioda lebih kecil T_0 , spectrum respons percepatan desain :

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

- Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_s , spectrum respons percepatan desain SNI 1726:2012 pasal 6.4.2:

$$S_a = S_{DS}$$

- Untuk perioda lebih besar dari T_s , spectrum respons percepatan desain:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

19) Menghitung gaya geser dasar seismik (V) sesuai SNI 1726-2012.

$$V = C_s \times W$$

20) Menghitung gaya geser dasar seismik per lantai (F) sesuai SNI 1726-2012.

$$F_x = C_{vx} \times V$$

$$C_{vx} = \frac{W_x \times h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \times h_i^k}$$

2.4 Kombinasi Pembebanan

Struktur harus dirancang hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sebagai berikut yang mengacu pada tata cara perencanaan gempa SNI 1726:2012 :

1. $1,4 D$
2. $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
3. $1,2 D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W)$
4. $1,2 D + 1 E + L$
5. $0,9 D + 1 E$

Keterangan :

D adalah beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan tetap

L adalah beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain

Lr adalah beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak

R adalah beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air

E adalah beban akibat gempa.

2.5 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Berdasarkan SNI 1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung, ada beberapa sistem struktur yang dapat diterapkan dalam bangunan untuk menahan gempa, salah satunya adalah Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM). Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) adalah sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur. Di dalam SRPM ini dibagi menjadi 3 jenis yaitu Sistem Rangka Pemikul

Momen Biasa (SRPMB) yang digunakan untuk Kategori Desain Seismik A dan B, Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) yang digunakan untuk Kategori Desain Seismik C, dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) untuk Kategori Desain Seismik D,E atau F.

Berikut ini persyaratan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK):

1. $P_u \leq A_g f_c' / 10$ (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.1.1)
2. $l_n \geq 4d$ (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.1.2)
3. b_w tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari 0,3h dan 250 mm (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.1.3).

2.6 Perencanaan Pelat

Ketebalan pelat ditentukan sehubungan dengan persyaratan lendutan. Dalam SNI-03-2847-2013 terdapat ketentuan-ketentuan di mana komponen struktur beton bertulang yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi lentur/deformasi apapun yang dapat memperlemah kekuatan ataupun mengurangi kemampuan layan struktur pada beban kerja. Syarat ketebalan pelat menurut SNI-03-2847-2013 terdapat dua tinjauan, yaitu tinjauan untuk ketebalan pelat konstruksi satu arah dan tinjauan untuk ketebalan pelat konstruksi dua arah.

Tabel 10. Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung

Tebal minimum, h				
Komponen Struktur	Dua tumpuan Sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung Menerus	Kanti lever

	Komponen yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok atau pelat rusuk satu arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$

CATATAN

Panjang bentang dalam mm

Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal ($w_c = 2400 \text{ kg/m}^2$) dan tulangan BJTD-40. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut :

- Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis di antara 1500 kg/m^3 sampai 2000 kg/m^3 , nilai tadi harus dikalikan dengan $[1,65 - (0,0003) w_c]$ tetapi tidak kurang dari 1,09, dimana w_c adalah berat jenis dalam kg/m^3
- Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

1. Konstruksi Satu Arah (Non-Prategang)

Pelat terlentur satu arah digunakan bila rasio bentang terpanjang terhadap bentang terpendek lebih dari 2 ($\frac{L_y}{L_x} > 2$),

sedangkan permukaan pelat yang melendut mempunyai kelengkungan tunggal.

- 1) Tebal minimum yang ditentukan dalam tabel 9.5(a) (pasal 9.5.2) berlaku untuk konstruksi satu arah yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar kecuali bila perhitungan lendutan menunjukkan bahwa ketebalan yang lebih kecil dapat digunakan tanpa menimbulkan pengaruh yang merugikan.

Tabel 11. Tebal minimum untuk pelat satu arah

Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu arah	1/20	1/24	1/28	1/10
Balok atau plat rusuk satu arah	1/16	1/18,5	1/21	1/18
Catatan : panjang bentang dalam mm, nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut : a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (equilibrium density), w_c , diantara 1440 sampai 1840 kg/m ³ . Nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003 w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09.				

2. Konstruksi Dua Arah (Non-Prategang)

Pelat terlentur dua arah digunakan bila rasio bentang

terpanjang terhadap bentang terpendek kurang dari $2 \left(\frac{L_y}{L_x} \right) <$

2), sedangkan permukaan pelat yang melendut mempunyai kelengkungan ganda.

Tebal minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- 1) Untuk α_m yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan pasal 9.5.3.3 dimana tebal minimum pelat tanpa balok interior yang menghubungkan tumpuan-tumpuannya dan mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari dua, harus memenuhi tabel 10 dan tidak boleh kurang dari nilai berikut :

- Pelat tanpa penebalan 125 mm
- Pelat dengan penebalan 100 mm

Tabel 12. Tebal minimum pelat tanpa balok interior SNI-Tabel 10)

Tegangan leleh f_y^a MPa	Tanpa penebalan ^b			Dengan penebalan ^b		
	Panel luar		Panel dalam	Panel luar		Panel dalam
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
300	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
400	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$

500	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$
a. Untuk tulangan dengan tegangan leleh diantara 300 MPa dan 400 MPa atau diantara 400 MPa dan 500 MPa, gunakan interpolasi linier b. Penebalan panel didefinisikan dalam pasal 15.3(7(1)) dan 15.3(7(2)) c. Pelat dengan balok diantara kolom-kolomnya di sepanjang tepi luar. Nilai α untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8						

- 2) Untuk α_m lebih besar dari 0,2 tidak lebih dari 2, ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\lambda_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)}$$

dan tidak boleh kurang dari 120 mm

- 3) Untuk α_m lebih besar dari 2, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari:

$$h = \frac{\lambda_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 - 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

Dimana :

l_n = Panjang bentang bersih pada arah memanjang dari konstruksi dua arah, yang diukur dari muka kemuka tumpuan pada pelat tanpa balok

f_y = Tegangan leleh

β = Rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat

- α_m = Nilai rata – rata dari α untuk sebuah balok pada tepi dari semua panel
- α = Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok.

$$\alpha = \frac{(E_c \times I)_{\text{balok}}}{E_{cs} \times I_s}$$

dimana :

E_c = modulus elastisitas beton

E_{cs} = modulus elastisitas pelat beton

I_b = momen inersia terhadap sumbu titik pusat penampang bruto balok

I_s = momen inersia terhadap sumbu titik pusat penampang bruto pelat

Apabila $E_c = E_{cs}$; maka $\alpha = \frac{I}{I_s}$

(2.20)

- 4) Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan α tidak kurang dari 0,6 atau sebagai alternatif ketebalan minimum yang ditentukan persamaan 16 atau persamaan 17 harus dinaikkan paling tidak 10% pada panel dengan tepi yang tidak menerus.
3. Permodelan dan Analisa Struktur pada Pelat
 Pada permodelan pelat, pelat dianggap terjepit penuh pada keempat sisinya. Hal ini disebabkan oleh tepi-tepi pelat (baik yang menerus maupun yang tidak menerus) mengalami perputaran sudut.

Pertimbangan lain dari permodelan ini adalah apabila pelat dianggap terjepit penuh pada keempat sisinya, maka dianggap momen-momen yang terjadi sebagian besar akan diterima oleh tumpuan sehingga nilai momen lapangan akan selalu lebih kecil. Padahal tepi pelat dapat berputar. Lain halnya bila pelat dimodelkan terjepit elastis pada keempat sisinya, maka besarnya momen pada lapangan akan mendekati momen tumpuannya (khusus untuk pelat yang ditumpu pada keempat sisinya) sehingga permodelan struktur lebih aman.

2.6.1 Penulangan Pelat

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 7.12.2.1 luasan tulangan susut dan suhu harus disediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang, tetapi tidak kurang dari 0,0014. Untuk spasi tulangan susut dan suhu sesuai pasal 7.12.2.2:

$$S_{max} \leq 5xh_f$$

Spasi tulangan pada penampang kritis:

$$S_{max} \leq 5xh_f \quad (2.22)$$

- Menghitung penulangan lentur pada pelat:

- 1) Mencari Mn (momen nominal)

$$Mn = \frac{Mu}{\phi}$$

Dimana:

Mu = momen ultimate pelat yang ditinjau

Ø = faktor reduksi pelat (untuk lentur = 0,8)

- 2) Mencari Rn (koefisien tahanan momen)

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2}$$

(2.24)

Dimana:

b = lebar elemen (m)/untuk pelat dihitung setiap 1 meter lari

d = tinggi efektif elemen

- 3) Mencari ρ (rasio tulangan)

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} \quad (2.25)$$

$$\rho b = \frac{0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \quad (2.26)$$

Dimana:

$\beta_1 = 0,85$ untuk

$f_c' \leq \text{Mpa}$

$\beta_1 = 0,85 - 0,008 (f_c' - 30)$ untuk $f_c' > 30 \text{Mpa}$

$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$ (SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.1)

$\rho_{max} = 0,75 \rho_b$ (SNI 03-2847-2013 Lampiran B.10.3.3)

Dimana :

ρ_b : rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan seimbang

β_1 : faktor tinggi balok tegangan tekan persegi ekuivalen beban

f_c' : kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari (Mpa)

f_y : tegangan leleh tulangan

ρ_{maks} : rasio tulangan maksimal

- 4) Mencari ρ_{perlu} (rasio tulangan yang dibutuhkan)

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2m \cdot Rn}{f_y}} \right)$$

Jika $\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka ρ_{perlu} dinaikkan 30% sehingga:

$$\rho_{pakai} = 1,3 \times \rho_{perlu}$$

- 5) Menghitung As (kebutuhan tulangan)

$$As_{perlu} = \rho_{perlu} \times b \times d$$

Tulangan yang dipakai (As_{used}) > As_{perlu} (OKE)

6) Cek kapasitas penampang

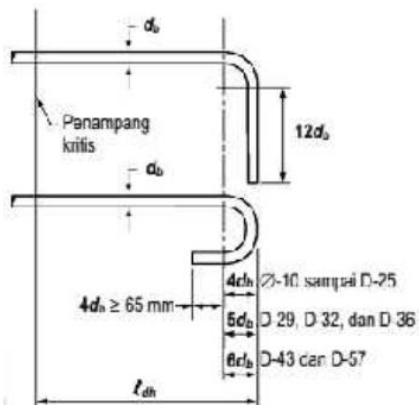
$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b}$$

$$\phi Mn = As \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) > Mu \text{ (OKE)}$$

2.6.2 Panjang Penyaluran Tulangan Pelat

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.5 , panjang penyaluran tulangan pelat adalah sebagai berikut:

1. Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar, $l_{dh} > 8d_b$ dan 150mm.



Gambar 2. 3 Detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar

2.7 Preliminary Dimensi Tangga

Dalam merencanakan dimensi anak tangga dan bordes, digunakan persyaratan sebagai berikut:

$$60\text{cm} \leq (st + i) \leq 65\text{cm}$$

Dimana:

t =tanjakan dengan $t \leq 25\text{cm}$

i =injakan dengan $25\text{cm} \leq i \leq 40\text{cm}$

dalam perencanaan tangga,sudut maksimal tangga adalah 40°

2.8 Perencanaan Balok

Untuk perencanaan dimensi balok sama dengan perencanaan plat satu arah yang mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 9.5.2 Tabel 9.5(a) diatas. Balok yang direncanakan dengan SRPMK harus memenuhi ketentuan SNI 2847-2013 pasal 21.5.1 sebagai berikut :

- Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur, P_u , tidak boleh melebihi **$A_g \cdot f'_c / 10$**

- Bentang bersih untuk komponen struktur, **l_n** , tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya ($l_n \geq 4d$)

- Lebar komponen, **b_w** , tidak kurang dari 0,3 kali tinggi penampang namun tidak boleh diambil kurang dari 250 mm ($b_w \geq 0,3h$ atau 250 mm)

- Lebar komponen struktur, **b_w** , tidak boleh melebihi lebar komponen struktur penumpu, **c_2**

(lebar kolom), ditambah nilai terkecil dari (a) dan (b):

(a) Lebar komponen struktur penumpu, c_2 , dan

(b) 0,75 kali dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu, **c_1** (lebar kolom).

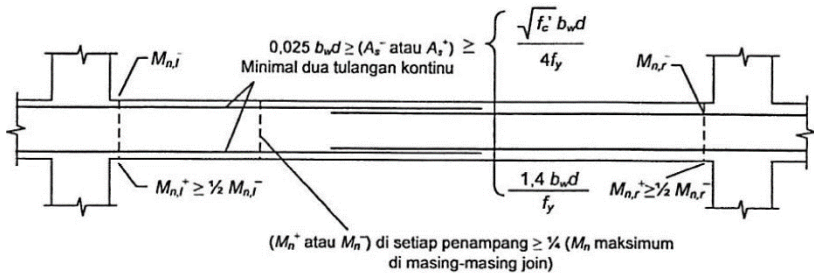
1. Penulangan Lentur

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.2 ketentuan untuk tulangan longitudinal adalah sebagai berikut:

a. As yang tersedia tidak boleh kurang dari nilai yang diberikan oleh

$$A_{s,min} = \frac{0,25 \sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d$$

b. Rasio tulangan, $\rho < 0,025$



Gambar 2. 4 Persyaratan Tulangan Lentur Balok

Sumber : Iswandi & Fajar, 2014

- Langkah perhitungan tulangan lentur
 Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.2, ketentuan untuk tulangan longitudinal adalah sebagai berikut:

1. Momen tumpuan dan lapangan pada balok diperoleh dari output program SAP2000.

2. Menghitung momen nominal (M_n)

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

3. Menghitung X_b (garis netral dalam kondisi balanced)

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d$$

4. Menghitung X_r (garis netral rencana)

$$X_r \leq 0,75 \cdot X_b$$

Untuk mengurangi lendutan, disarankan $X_r = 0,625 \cdot X_b$

5. Menghitung A_{sc} (luas tulangan tekan)

$$A_{sc} = \frac{0,85 \beta_1 \cdot f_c \cdot X_r}{f_y}$$

6. Menghitung M_{nc} (momen nominal tekan)

$$M_{nc} = A_{sc} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X_r}{2} \right)$$

7. Menghitung $M_n - M_{nc}$

- Bila $M_n - M_{nc} > 0$, maka perlu tulangan tekan

- Bila $M_n - M_{nc} < 0$, maka tidak perlu tulangan tekan
- 8. Bila diperlukan tulangan tekan, hitung:

$$c'_s = T_2 = \frac{M_n - M_{nc}}{d - d''}$$
- 9. Hitung:
 - $f_s' = \left(1 - \frac{d''}{x_r}\right) 0,003 \cdot E_s \geq f_y$, maka tulangan tekan leleh $f_s' = f_y$
 - $f_s' = \left(1 - \frac{d''}{x_r}\right) 0,003 \cdot E_s < f_y$, maka tulangan tekan leleh $f_s' = f_s$
- 10. Menghitung A_s' (tulangan tekan perlu) dan A_{ss} (tulangan tarik tambahan)

$$A_s' = \frac{C_s'}{(f_s' - 0,85 f_c')}$$

$$A_{ss} = \frac{T_2}{f_y}$$
- 11. Menghitung tulangan perlu
 - $A_s = A_{sc} + A_{ss}$
 - $A_s' = A_s'$
- 12. Kontrol kekuatan

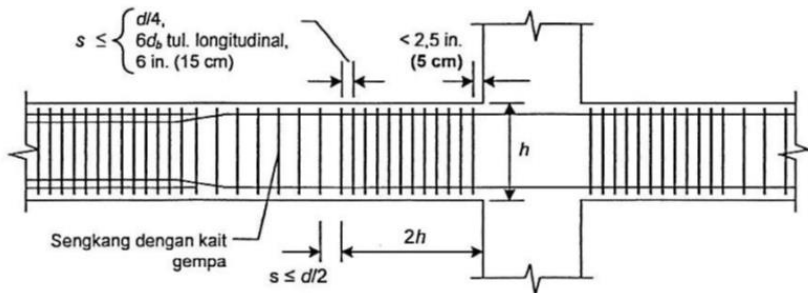
$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

- Perhitungan sambungan lewatan

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.3, ketentuan untuk tulangan transversal adalah sebagai berikut:

- Sambungan lewatan tulangan lentur harus diberi tulangan sengkang sepanjang panjang sambungan.
- S sengkang pada daerah sambungan lewatan $< d/4$ atau 100mm (yang terkecil).
- Bila analisis menunjukkan pelelehan lentur diakibatkan oleh perpindahan lateral inelastic rangka.

2. Tulangan Transversal



Gambar 2. 5 Tulangan Transversal Balok

Sumber : Iswandi & Fajar, 2014

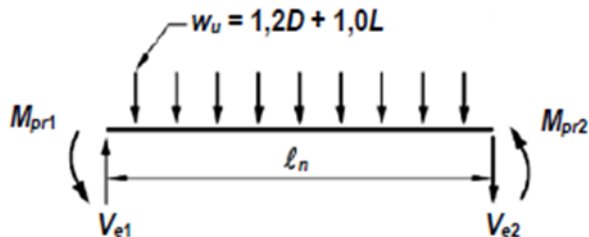
- Gaya Desain

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.4.1, V_e (gaya geser desain), harus ditentukan dari peninjauan gaya statis pada bagian komponen struktur antara muka-muka joint.

Momen-momen dengan tanda berlawanan yang berhubungan dengan kekuatan lentur, M_{pr} , harus diasumsikan bekerja pada muka-muka joint, dan komponen struktur tersebut dibebani dengan beban gravitasi terfaktor di sepanjang bentangnya.

- Perencanaan tulangan geser balok

1. Ditentukan nilai f_c' , f_y , diameter sengkang, dan V_g
2. Menghitung momen tumpuan:



Gambar 2. 6 Gaya Geser Desain untuk Balok

- Momen Tumpuan Kiri

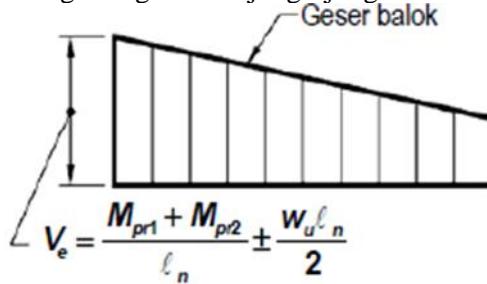
$$M_{pr1} = A_s \cdot 1,25 \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

- Momen Tumpuan Kanan

$$M_{pr2} = A_s \cdot 1,25 \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\text{Dimana : } a = \frac{a_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

3. Menghitung reaksi ujung-ujung balok



Gambar 2. 7 Gaya Geser Desain untuk Balok

$$V_e = V_{gempa} + V_g$$

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \pm \frac{W_u \cdot l_n}{2}$$

Dimana:

l_n = Panjang bentang bersih balok

W_u = Beban gravitasi (1,2D+1,6L) yang didapat dari SAP2000

Nilai dari V_e akan diambil yang paling besar tergantung dari penjumlahan V_{gempa} dan V_g yang terjadi.

4. Menghitung V_s (kuat geser rencana)

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

Dimana:

$V_c = 0$ (SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.4.2)

V_c = gaya geser beton

f_c' = kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28hari (Mpa)

ϕ = factor reduksi pelat (untuk lentur diambil nilai 0,8)

5. Menghitung kebutuhan pasang tulangan geser

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} < S_{max}$$

Dimana:

A_v = luas tulangan sengkang (mm^2)

$S_{max} \leq \frac{1}{2} \cdot d$ (SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.3.4)

• Tulangan Transversal

Tulangan transversal berpotensi membentuk sendi plastis (sepanjang $2h$ dari muka kolom) harus diproporsikan untuk menahan geser dengan mengasumsikan $V_c = 0$ bilamana keduanya a) dan b) terjadi:

a) Gaya geser yang ditimbulkan gempa lebih besar atau sama dengan 50% dari kekuatan geser perlu maksimum dalam panjang tersebut;

b) Gaya tekan aksial terfaktor, P_u , termasuk pengaruh gempa kurang dari $A_g \cdot f_c' / 20$

• Perhitungan tulangan torsi

Pengaruh torsi boleh diabaikan bila momen torsi terfaktor T_u kurang dari:

a. Untuk komponen struktur non-prategang

$$\phi 0,083 \lambda \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

b. Untuk komponen struktur prategang

$$\phi 0,083 \lambda \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{f_{pc}}{0,33 \lambda \sqrt{f_c'}}}$$

- c. Untuk komponen struktur non-prategang yang dikenai gaya tarik atau tekan aksial

$$\phi 0,083 \lambda \sqrt{f'_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{N_u}{0,33 A_g \lambda \sqrt{f'_c}}}$$

Tulangan yang dibutuhkan untuk menahan punter berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6:

$$\phi . T_n \geq T_u$$

$$T_n \text{ harus dihitung: } T_n = \frac{2 . A_o . f_{yt}}{s} . \cot \theta$$

Dimana:

T_u =momen punter terfaktor pada penampang

T_n =kuat momen punter normal

A_{cp} =luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton

P_{cp} =keliling luar penampang beton

- Perhitungan panjang penyaluran tulangan

- 1) Panjang Penyaluran tulangan ulir dalam kondisi tarik

- o Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir, l_d harus sebagai berikut:

Tabel 13.Panjang Penyaluran Tulangan dalam Kondisi Tarik

	Batang tulangan ulir atau kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil	Batang tulangan D-22 dan yang lebih besar
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambungkan tidak kurang dari d_b , selimut bersih tidak kurang dari d_b , dan sengkang atau pengikat sepanjang l_d tidak kurang dari minimum tata cara atau	$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{2,1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{1,7 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$

spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut bersih tidak kurang dari d_b		
Kasus-kasus lain	$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{1,4\lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{1,1\lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b$

(SNI 2847-2013 Pasal 12.2.2)

- o Untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir, l_d harus sebesar :

$$l_d = \left(\frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f'_c}} \frac{\psi_t \psi_e \psi_s}{\left(\frac{C_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) d_b$$

Dimana ruas pengekanan $(C_d + K_{cr})/d_b$ tidak boleh diambil lebih besar dari 2,5 dan

$$K_{tr} = \frac{40A_{tr}}{sn}$$

Dimana n adalah jumlah batang tulangan atau kawat yang disambung atau disalurkan sepanjang bidang pembelahan. Diizinkan untuk menggunakan $K_{tr} = 0$ sebagai penyederhanaan disain meskipun terdapat tulangan transversal.

- o Faktor-faktor yang digunakan dalam perumusan-perumusan untuk peyaluran batang tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi tarik :
 - a) Bila tulangan horizontal dipasang sehingga lebih dari 300 mm beton segar dicor di bawah panjang penyaluran atau sambungan, $\psi_t = 1,3$. Untuk situasi lainnya, $\psi_t = 1,0$.
 - b) Untuk batang tulangan dilapisi epoksi, batang tulangan dilapisi ganda bahan seng dan epoksi, atau kawat dilapisi epoksi dengan selimut kurang dari $3d_b$, atau spasi bersih kurang dari $6d_b$, $\psi_e = 1,5$. Untuk semua batang tulangan dilapisi epoksi, batang tulangan dilapisi ganda bahan seng dan epoksi, atau

kawat dilapisi epoksi lainnya, $\psi_e = 1,2$. Untuk tulangan tidak dilapisi dan dilapisi bahan seng (dikalvalis), $\psi_e = 1,0$.

- c) Untuk batang tulangan ulir atau kawat ulir D-19 atau lebih kecil, $\psi_s = 0,8$. Untuk batang tulangan D-22 dan yang lebih besar, $\psi_s = 1,0$.
- d) Bila beton ringan digunakan, λ tidak boleh melebihi 0,75 kecuali jika f_{ct} ditetapkan. Bila beton berat normal digunakan, $\lambda = 1,0$.

2) Panjang penyaluran tulangan ulir dalam kondisi tekan

- Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi tekan, l_{dc} harus ditetapkan sesuai dengan ketentuan pada poin selanjutnya, tetapi l_{dc} tidak boleh kurang dari 200 mm.

- Untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir, l_{dc} harus diambil sebesar yang terbesar dari:

$\left(\frac{0,24f_y}{\lambda\sqrt{f_{c'}}}\right)d_b$ dan $(0,043f_y)d_b$, dengan konstanta 0,043 mempunyai satuan mm^2/N .

- Panjang l_{dc} di atas diizinkan untuk dikalikan dengan faktor sesuai untuk :
 - a) Tulangan yang melebihi dari yang diperlukan oleh analisis.....(A_s perlu)/(A_s terpasang)
 - b) Tulangan dilingkupi tulangan spiral tidak kurang dari diameter 6 mm dan tidak lebih dari spasi 100 mm atau dalam pengikat berdiameter 13 dan berspasi pusat-ke-pusat tidak lebih dari 100 mm.

2.9 Perencanaan Kolom

- Perhitungan tulangan lentur kolom
 - a. Bedakan antara kolom dengan pengaku (braced frame) atau kolom tanpa pengaku (unbraced frame)
 - Untuk komponen struktur tekan yang di bracing terhadap goyangan menyimpang :

$$\frac{k \cdot Lu}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \leq 40$$

- Untuk komponen struktur tekan yang tidak dibressing terhadap goyangan menyimpang :

$$\frac{k \cdot Lu}{r} \leq 22$$

- b. Hitung faktor kekakuan (EI) kolom

Nilai EI bisa diambil dari :

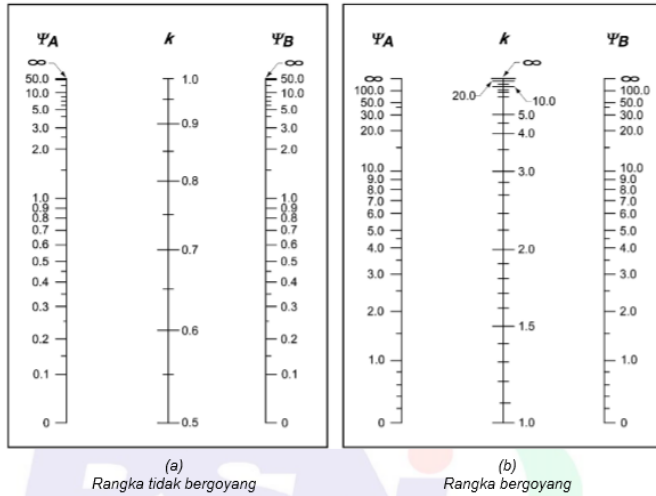
$$EI = \frac{0,2 \cdot E_c \cdot I_g + E_s \cdot I_{se}}{1 + \beta_d} \quad \text{atau} \quad EI = \frac{0,4 \cdot E_c \cdot I_g}{1 + \beta_d}$$

- c. Hitung faktor kekangan ujung-ujung kolom ψ_A dan ψ_B .

$$\psi = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L} \right)_{kolom-kolom}}{\sum \left(\frac{EI}{L} \right)_{balok-balok}}$$

- d. Hitung faktor panjang efektif (k)

Lihat tabel nomigram pada SNI 2847-2013 Pasal 12.11.6



Gambar 2. 8 Faktor Panjang Efektif (K)

- e. Hitung P_c (Beban kritis) kolom-kolom yang bersangkutan

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot EI}{(k \cdot Lu)^2}$$

- f. Hitung faktor pembesaran momen (δ_s dan δ_{ns})

$$\delta_s = \frac{\sum C_m}{1 - \frac{\sum P_u}{0,75 \cdot \sum P_c}} \geq 1$$

Hitung :

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s \cdot M_{1s}$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s \cdot M_{2s}$$

Dimana :

δ_s = faktor pembesaran momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping

C_m = suatu faktor yang menghubungkan diagram momen aktual dengan suatu diagram momen merata ekuivalen

M_{1s} = nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang berarti

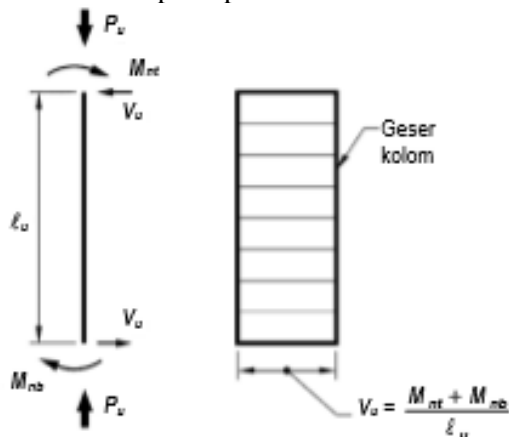
M_{2s} = nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang berarti

M_{1ns} = nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping yang berarti

M_{2ns} = nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping yang berarti

- Perhitungan tulangan geser kolom

Untuk mendapatkan nilai V_u pada kolom sesuai dengan perencanaan SRPMM dapat diperoleh dari rumus berikut :



Gambar 2. 9 Gaya Lintang pada Kolom Akibat Beban Gravitasi Terfaktor

Untuk komponen struktur yang dibebani tekan aksial, maka kuat geser (V_c) harus dihitung menggunakan rumus :

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{Nu}{14Ag} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \cdot bw \cdot d$$

Besaran Nu/Ag harus dinyatakan dalam MPa.

Kondisi perhitungan tulangan geser pada kolom sama dengan kondisi perhitungan pada balok.

- Cek persyaratan

- a. Kontrol momen

$$M_n > \frac{Mu}{\phi}$$

- b. Kontrol kemampuan kolom

Kontrol kemampuan kolom dilakukan dengan menggunakan program PCACOL.

$$M_{ux} < M_{nx}$$

$$M_{uy} < M_{ny}$$

- Perhitungan panjang penyaluran tulangan kolom

- a. Tulangan kondisi tarik

$$\frac{\lambda_d}{d_s} = \frac{3f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5\sqrt{f'_c}} \geq 300 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan lebih} = \frac{A_{spertu}}{A_{spasang}} \lambda_d$$

- b. Tulangan kondisi tekan

$$\lambda_d = \frac{d_b \cdot f_y}{4\sqrt{f'_c}} \geq 0,04 \cdot d_b f_y$$

$$\text{Tulangan lebih} = \frac{A_{spertu}}{A_{spasang}} \lambda_d$$

- c. Tulangan berkait dalam kondisi tarik

$$\lambda_{hb} = \frac{100d_b}{\sqrt{f'_c}}$$

2.10 Joint Balok Kolom

Gaya ditentukan dengan tegangan pada tulangan tarik lentur adalah $1,25f_y$ (SNI 2847:2013 Psl. 21.7.2.1). Untuk beton normal (normalweight), dimensi kolom yang sejajar terhadap tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter batang tulangan balok longitudinal terbesar (SNI 2847:2013 Psl. 21.7.2.3).

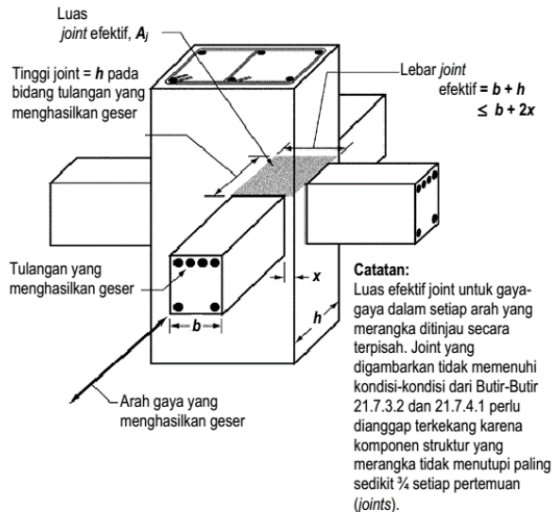
- Tulangan transversal

Bilamana komponen-komponen struktur merangka ke dalam semua empat sisi joint dan bila lebar balok $3/4$ lebar kolom, jumlah tulangan diizinkan untuk direduksi setengahnya, spasi yang disyaratkan diizinkan untuk ditingkatkan sampai 150 mm dalam tinggi keseluruhan h komponen struktur rangka yang terpendek (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.7.3.2). Tulangan balok longitudinal di luar inti kolom harus dikekang dengan tulangan transversal yang melewati kolom (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.7.3.3).

Kekuatan Geser

Untuk beton berat normal, V_n joint tidak boleh diambil sebagai yang lebih besar dari nilai yang ditetapkan (SNI 2847:2013 , 21.7.4.1):

- Untuk joint yang terkekang oleh balok-balok pada semua empat muka $1,7 \sqrt{f_c'} A_j$
- Untuk joint yang terkekang oleh balok-balok pada tiga muka atau pada dua muka yang berlawanan $1,2 \sqrt{f_c'} A_j$
- Untuk kasus-kasus lainnya $1,0 \sqrt{f_c'} A_j$



Gambar 2. 10 Luas Joint Efektif

Sumber: SNI 2847:2013

2.11 Dinding Geser

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.9.2 dan 21.9.3 syarat untuk penulangan *shearwall* adalah sebagai berikut :

1. ρ_v dan $\rho_h > 0,0025$, kecuali bahwa jika V_u tidak melebihi $0,083 \lambda A_{cw} \sqrt{f_c'}$, ρ_v dan ρ_h , diizinkan untuk direduksi menjadi nilai-nilai yang disyaratkan dalam 14.3.
2. Spasi tulangan < 450 mm.
3. Tulangan yang menyumbang pada V_n harus menerus dan harus didistribusikan melintasi bidang geser.
4. V_u harus diperoleh dari analisis beban lateral sesuai dengan kombinasi beban terfaktor

a) Kekuatan Geser

V_n dinding struktur tidak boleh melebihi dari :

$$V_n = A_{cv} \left(\alpha_c \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} + \rho_t \cdot f_y \right)$$

Dimana :

$\alpha_c = 0,25$ untuk $h_w/l_w \leq 1,5$

$0,17$ untuk $h_w/l_w \geq 2$

A_{cv} = Luas penampang total dinding struktural

$\lambda = 1$ untuk beton normal

p_t = Rasio penulangan arah horisontal

nilai rasio h_w/l_w yang digunakan untuk menentukan V_n untuk segmen-segmen dinding yang lebih besar dari rasio-rasio untuk dinding keseluruhan dan segmen dinding yang ditinjau.

Jika h_w/l_w tidak melebihi 2,0 , rasio tulangan $p_l \geq p_t$.

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.9.4.4 dan 21.9.4.5 :

1. Untuk semua segmen dinding vertikal yang menahan gaya lateral yang sama, kombinasi V_n tidak boleh diambil lebih besar dari $0,66 A_{cv} \sqrt{f_c'}$ dimana A_{cv} adalah luas kombinasi bruto dari semua segmen dinding vertikal.
 2. Untuk salah satu dari segmen dinding vertikal individu, V_n tidak boleh diambil lebih besar dari $0,83 A_{cw} \sqrt{f_c'}$ dimana A_{cw} adalah luas penampang beton dari segmen dinding vertikal individu yang ditinjau.
 3. Untuk segmen dinding horizontal, termasuk balok kopel, V_n tidak boleh diambil lebih besar dari $0,83 A_{cw} \sqrt{f_c'}$ dimana A_{cw} adalah luas penampang beton suatu segmen dinding horizontal atau balok kopel.
- b) Pembatas Dinding Struktur Khusus
- Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.9.6, Kebutuhan komponen batas di tepi-tepi dinding struktural harus dievaluasi berdasarkan persyaratan (a) dan (b) di bawa ini :
- a. Kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada dinding geser melebihi

$$\frac{Pu}{Ag} + \frac{M_u \cdot y}{I} > 0,2 f'c$$

Dimana:

P_u = Gaya aksial tekan terfaktor

A_g = Luas bruto penampang

I = Inersia penampang beton

- b. Jarak c dari serat terluar zona kompresi lebih besar dari :

$$c > \frac{I_w}{600 \left(\frac{\delta_u}{h_w} \right)}$$

Dimana:

δ_u = Perpindahan maksimum dinding geser pada puncak gedung dalam arah pembebanan gempa yang ditinjau.

c = Panjang garis netral untuk gaya aksial tekan terfaktor (P_u) dan kapasitas momen nominal penampang (M_u).

Besaran $\frac{\delta_u}{h_w}$ dalam persamaan diatas tidak boleh kurang dari 0,007.

2.12 Pengertian Sistem Ganda

Sistem ganda adalah sistem struktur dengan rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh sistem rangka pemikul momen dan dinding geser ataupun oleh rangka pemikul momen dan rangka bresing (SNI 1726-2012 pasal 3.49) Pada Sistem Ganda, beban lateral gempa bumi (V) dipikul bersama oleh dinding struktur dan Sistem

Rangka Pemikul Momen (SRPM) secara proporsional berdasarkan kekakuan relatif masing-masing tetapi juga memperhitungkan interaksi kedua sistem disemua tingkat. Kecuali itu, untuk pengamanan terhadap keruntuhan, kerangka penahan momen harus didesain secara tersendiri agar mampu menahan sedikitnya 25% dari V. (Rahmat Purwono, 2005) Pada SNI 03-1726-2012 Tabel 9, sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa yang ditetapkan dengan dinding geser bertulang khusus memiliki nilai Koefisien Modifikasi Respons (R) = 7; Faktor Kuat-Lebih Sistem (Ω_0) = 2,5; dan Faktor Pembesaran Defleksi (C_d) = 5,5.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI

Metodologi dalam Perencanaan Ulang Struktur Hotel 12 Lantai di Malang dengan menggunakan Metode Sistem Ganda adalah sebagai berikut:

3.1 Data Perencanaan

1) Data Bangunan

Nama Proyek : Hotel City in Malang
Alamat Proyek : Jl. Dr. Cipto No.11, Malang
Pemilik Proyek : PT. Griya Mapan Sejahtera
Kontraktor : PT. Nusa Raya Cipta
Struktur Bangunan : Beton Bertulang

2) Data Tanah

Data tanah diperoleh dari penyelidikan uji tanah yang dilakukan oleh laboratorium Uji Tanah terkait . Data tanah berupa SPT.

3) Data Gambar

Data Gambar terdiri dari gambar denah,gambar tampak,gambar potongan,dan juga gambar struktur seperti tabel penulangan,denah borepile,portal,dll.

4) Data Bahan

Mutu bahan yang digunakan pada perencanaan adalah:
Mutu Beton (f_c') : 35 Mpa
Mutu Tulangan Lentur (f_y): 400 Mpa
Mutu Tulangan Geser (f_{ys}): 240 Mpa

3.2 Pengumpulan Data

1. Gambar struktur bangunan
2. Data tanah pada bangunan tersebut
3. Peraturan dan buku penunjang lainnya sebagai dasar teori maupun pendukung untuk tugas akhir ini.

3.3 Perencanaan Ulang dan Penentuan Kriteria Desain

3.3.1 Perencanaan Ulang Struktur

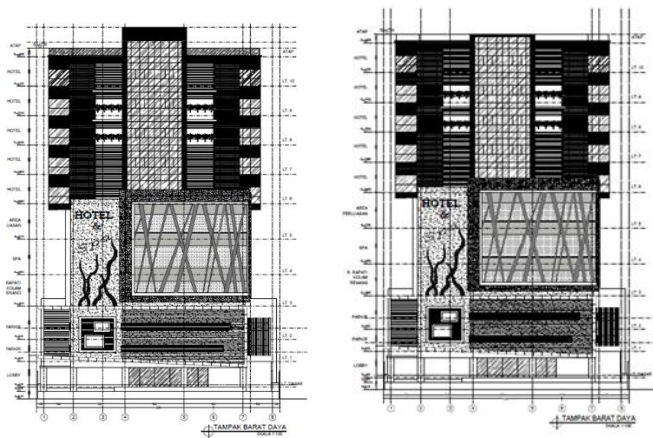
Gedung Hotel City in Malang ini sebenarnya sudah dibangun dengan struktur Sistem Ganda, namun setelah di coba di aplikasikan melalui program SAP2000 ver.14 , hasil T nya kurang memenuhi. Gedung tinggi memiliki standar kelenturan yang tidak boleh berlebih maupun kurang. Apabila T (kelenturan) yang dihasilkan lebih dari T atas,maka gedung itu terlalu lentur. Sedangkan bila T yang dihasilkan kurang dari T bawah,maka gedung tersebut terlalu kaku dan tidak bias menerima gaya lateral secara maksimal.

Maka dari itu,akan direncanakan ulang dengan mengubah dimensi kolom,balok,pelat,dan shearwall sesuai dengan preliminary desain menurut peraturan SNI 2847-2013. Kemudian juga merubah beberapa bentang yang dinilai kurang simetris. Sebab menurut Eurocode 8 yang dikembangkan dari BSI 2005 yang dirangkum oleh Nur Cholis Idham dalam *Prinsip-Prinsip Desain Arsitektur Gempa* (2014) ,menyebutkan: “prinsip kesederhanaan struktur dengan poin keserhanaan dalam denah,tata letak struktur yang simetris adalah kunci agar perilaku bangunan ketika mengalami beban lateral dapat bekerja setara.”

Tabel 14.Panjang Penyaluran Tulangan dalam Kondisi Tarik

Parameter	Kondisi Eksisting Bangunan	Kondisi Setelah Perencanaan Ulang untuk TAT
Sistem Struktur	Sistem Ganda	Sistem Ganda (SRPMK dan dinding geser)
Jumlah Lantai	13 Lantai	12 Lantai

Material Struktur Utama	Beton Bertulang	Beton Bertulang
Tinggi Bangunan	47,4 m	47,4 m
Struktur Atap	Deck beton dan Rangka Baja	Deck Beton
Lokasi	Malang	Malang



Eksisting

Perencanaan Ulang

Gambar 3. 1 Perbandingan Tampak Eksisting dengan Perencanaan Ulang

3.3.2 Penentuan Kriteria Desain

- Untuk perhitungan beban gempa digunakan data tanah SPT kemudian dilakukan perhitungan nilai SPT rata-rata (N_{SPT}) sesuai SNI 1726:2012

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n \frac{di}{N_i}}$$

- b. Dari nilai N_{SPT} dapat ditentukan Kelas Situs Tanah dengan tabel 2.2.1 sesuai SNI 1726:2012
- c. Setelah mengetahui Kelas Situs Tanah, kemudian mencari nilai S_s dan S_1 berdasarkan Peta Hazard Gempa Indonesia 2010 (gempa 500 tahun)
- d. Menentukan Koefisien Situs Periode 0,2 detik (F_a) dan Koefisien Situs Periode 1 detik (F_v) berdasarkan tabel 2.2.2 dan tabel 2.2.3 sesuai dengan SNI 1726:2012.
- e. Menentukan Parameter Spektrum Respons percepatan pada periode 0,2 detik (S_{MS}) sesuai SNI 1726:2012

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

- f. Menentukan Parameter Spektrum Respons percepatan pada periode 1 detik (S_{M1}) sesuai SNI 1726:2012.

$$S_{M1} = F_v \times S_1$$

- g. Parameter percepatan spektral desain untuk periode 0,2 detik sesuai SNI 1726:2012.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS}$$

- h. Parameter percepatan spektral desain untuk periode 1 detik sesuai SNI 1726:2012.

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1}$$

- i. Menentukan kategori resiko dan faktor keutamaan gempa (I) struktur bangunan sesuai SNI 1726:2012 bisa dilihat pada tabel 2.2.4 dan 2.2.5.
- j. Kemudian mencari KDS untuk lokasi bangunan tersebut sesuai SNI 1726:2012 pada tabel 2.2.6 dan tabel 2.2.7

3.4 Preliminary Desain

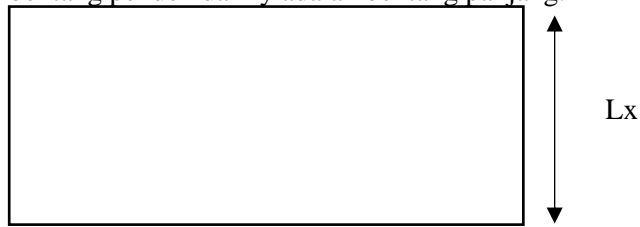
Penentuan dimensi elemen struktur dikerjakan dengan mengacu pada SNI 2847-2013 maupun ketentuan lain sesuai literatur yang dipakai. Elemen struktur yang perlu direncanakan adalah :

3.4.1 Penentuan Dimensi Pelat

Komponen struktur beton bertulang yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi defleksi atau deformasi apapun yang dapat memperlemah kekuatan ataupun mengurangi kemampuan layan struktur pada beban kerja.

a) Perencanaan pelat satu arah (one way slab)

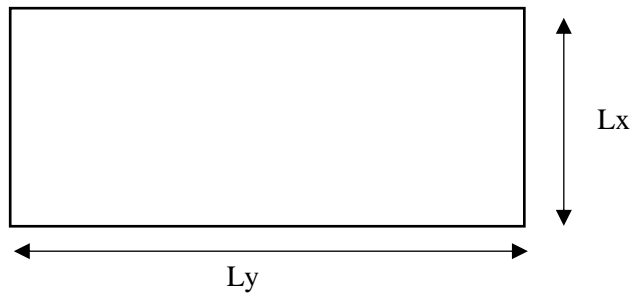
Pelat satu arah terjadi apabila $\frac{l_y}{l_x} > 2$; dimana l_x adalah bentang pendek dan l_y adalah bentang panjang.



Tebal minimum ditentukan dalam tabel berlaku untuk konstruksi : l_y yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar, kecuali bila perhitungan lendutan menunjukkan bahwa ketebalan yang lebih kecil dapat digunakan tanpa menimbulkan pengaruh yang merugikan.

b) Perencanaan pelat dua arah (two ways slab)

Pelat dua arah terjadi apabila $\frac{l_y}{l_x} < 2$; dimana l_x adalah bentang pendek dan l_y adalah bentang panjang.



Tebal pelat minimumnya harus memenuhi ketentuan tabel dan tidak boleh kurang dari nilai berikut :

- ❖ Tanpa penebalan > 125 mm
- ❖ Dengan penebalan > 100 mm

3.4.2 Penentuan Dimensi Balok Sloof

Untuk menentukan tinggi balok sloof, dapat menggunakan SNI 2847-2013, Tabel 11, sedangkan lebarnya dapat diambil dari nilai $2/3$ dari tinggi balok sloof yang telah didapat.

3.4.3 Penentuan Dimensi Balok

Untuk menentukan tinggi balok, dapat menggunakan SNI 2847-2013, Tabel 11, sedangkan lebarnya dapat diambil dari nilai $2/3$ dari tinggi balok yang telah didapat.

3.4.4 Penentuan Dimensi Kolom

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}}$$

Dimana :

I_{kolom} : inersia kolom $\left(\frac{1}{12} \times b \times h^3\right)$

L_{kolom} : tinggi bersih kolom

I_{balok} : inersia balok $\left(\frac{1}{12} \times b \times h^3\right)$

L_{balok} : panjang bersih balok

b_k dan $d_k \geq 250 \text{ mm}$

$$\frac{h_k}{b_k \text{ atau } d_k} \leq 25$$

3.4.5 Penentuan Dimensi Tangga

Merencanakan dimensi anak tangga dan bordes.

Merencanakan dimensi tanjakan dan injakan dengan :

$$60 \text{ cm} < (2t + i) < 65 \text{ cm}$$

Keterangan :

t = tinggi tanjakan $< 25 \text{ cm}$

i = lebar injakan, dengan $25 \text{ cm} < i < 40 \text{ cm}$ dan maksimal sudut tangga sebesar 40°

3.5 Pembebanan Struktur

Perhitungan beban-beban yang bekerja disesuaikan dengan peraturan pembebanan.

Analisa pembebanan adalah sebagai berikut :

1. Pembebanan pada konstruksi atap

a. Beban Mati

Terdiri dari berat sendiri plat atap, plafon dan penggantung, perpipaan serta instalasi listrik.

b. Beban Hidup

Beban pelaksana, beban air hujan, dan beban angin.

2. Pembebanan pada plat lantai

a. Beban Mati

Terdiri dari berat sendiri plat, spesi, keramik, plafon dan penggantung, perpipaan serta instalasi listrik.

b. Beban Hidup

Beban hidup ditentukan dalam SNI Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain (1727:2013).

3. Pembebanan pada tangga dan bordes
 - Beban Mati
Terdiri dari berat sendiri plat tangga/bordes, anak tangga, spesi, *railling hand*, dan keramik.
 - Beban Hidup
Beban hidup ditentukan dalam SNI Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain (1727:2013).
4. Beban Gempa
Analisa beban gempa menggunakan perhitungan statik ekuivalen sesuai SNI Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan non Gedung. (1726:2012)

3.6 Analisa Struktur

Analisa dari output SAP diperoleh nilai gaya dalam berupa momen (M), nilai gaya geser (D), dan nilai gaya aksial (N). Nilai-nilai tersebut yang nantinya akan digunakan dalam perhitungan penulangan untuk struktur primer dan sekunder.

3.7 Perhitungan Tulangan

Penulangan dihitung berdasarkan SNI 2847-2013 dengan memperhatikan standard penulangan untuk SRPMK serta menggunakan data-data berupa nilai gaya dalam yang diperoleh dari output program SAP 2000 v.14. Perhitungan penulangan yang dilakukan pada:

- Struktur utama: balok, kolom, hubungan balok kolom, dan dinding geser.
 - Struktur sekunder: pelat dan tangga
- Kemudian dilakukan kontrol kemampuan dan cek syarat penulangan.

3.8 Gambar Perencanaan

Gambar perencanaan meliputi:

1. Gambar Arsitektur:
 - Gambar denah
 - Gambar tampak
 - Gambar potongan
2. Gambar Struktur:
 - Gambar balok
 - Gambar tangga
 - Gambar kolom
 - Gambar plat
 - Pondasi
3. Gambar Penulangan
 - Gambar penulangan balok
 - Gambar penulangan kolom
 - Gambar penulangan plat
 - Gambar penulangan tangga
 - Gambar penulangan pondasi
4. Gambar Detail
 - Gambar detail panjang penyaluran
 - Gambar detail sambungan

3.9 Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan yang akan dibahas dalam tugas akhir terapan ini adalah pada pekerjaan struktur balok, kolom dan pelat yang meliputi:

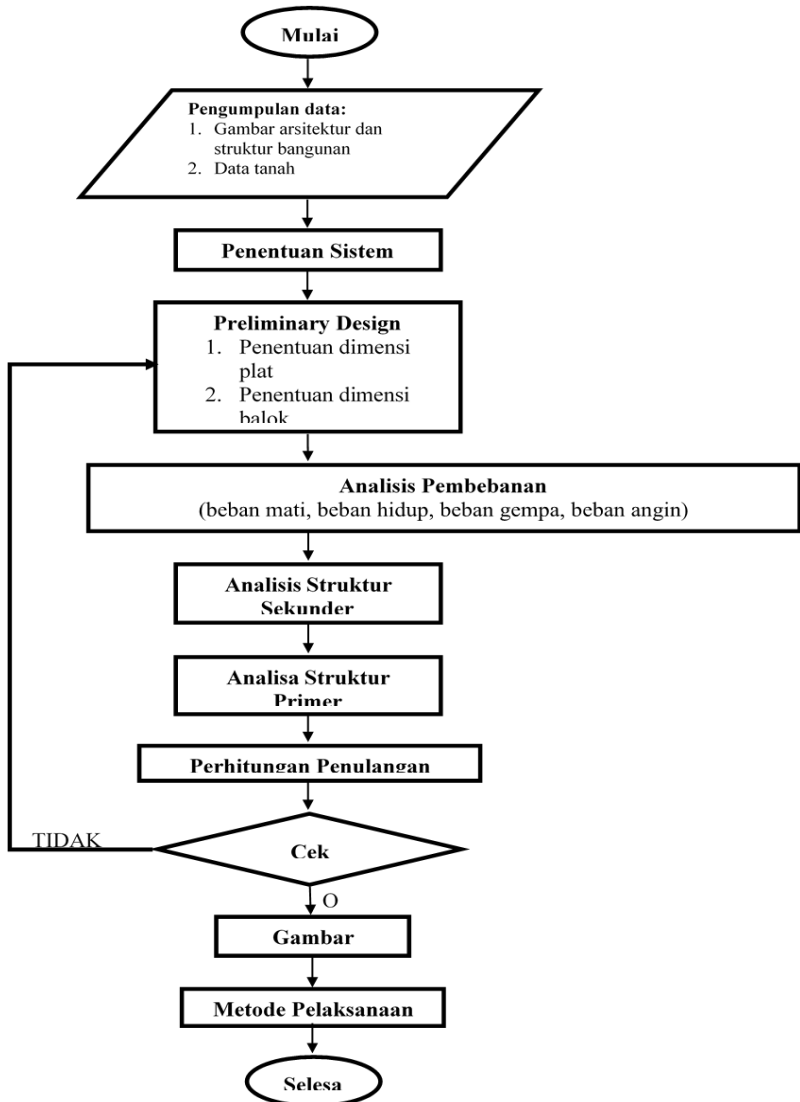
1. Fabrikasi Tulangan
2. Pemasangan bekisting dan pemasangan tulangan
3. Pengecoran
4. Pembongkaran bekisting
5. Curing

Alat-alat yang digunakan untuk pelaksanaan pekerjaan struktur kolom, balok, dan pelat antara lain:

1. Concrete pump
2. Tower Crane (untuk pengangkatan bekisting, tulangan dan pengecoran lantai atas)

3. Concrete Bucket (kapasitas 0,8 m3)
4. Truk Mixer dan Vibrator

3.10 Flow Chart

Flow Chart Perencanaan Struktur

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

PRELIMINARY DESIGN

4.1 Data Desain Preliminari

Data yang terkait untuk menentukan *preliminary design* struktur gedung beton bertulang ini adalah sebagai berikut:

- Tipe Bangunan : Gedung Hotel
- Letak Bangunan : Jauh dari Pantai
- Lebar Bangunan : 30 m
- Panjang Bangunan : 48 m
- Tinggi Bangunan : 47,4 m
- Mutu Beton(f_c') : 35 Mpa
- Mutu Baja (f_y) : 400 Mpa

4.2 Perencanaan Dimensi Balok

4.2.1. Balok Induk Melintang dan Memanjang

I.Data-data perencanaan:

- Tipe balok : BII
- As Balok : 2 (B-B')
- Bentang balok (L_{balok}) : 800 cm

II.Perhitungan perencanaan:

$$h \geq \frac{1}{12} \times l \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \qquad b = \frac{1}{3} \times h \text{ s/d } \frac{2}{3} \times h$$

$$h \geq \frac{1}{12} \times 800 \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) \qquad b = \frac{1}{3} \times 75 = 23,333$$

$$h \geq 66,67 \text{ cm} \qquad b = \frac{2}{3} \times 75 = 46,667$$

$$h \approx 75 \text{ cm} \qquad b \approx 60 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok induk dengan ukuran 60/75 cm

III.Data-data perencanaan:

- Tipe balok : BI2
- As Balok : 1 (B-B')
- Bentang balok (Lbalok) : 300 cm

IV. Perhitungan perencanaan:

$$\begin{aligned}
 h &\geq \frac{1}{12} x l \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) & b &= \frac{1}{3} x h \text{ s/d } \frac{2}{3} x h \\
 h &\geq \frac{1}{12} x 300 \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) & b &= \frac{1}{3} x 50 = 16,667 \\
 h &\geq 24,28 \text{ cm} & b &= \frac{2}{3} x 50 = 33,33 \\
 h &\approx 50 \text{ cm} & b &\approx 40 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka direncanakan dimensi balok induk dengan ukuran 40/50 cm

4.2.2. Balok Anak Melintang dan Memanjang

I. Data-data perencanaan:

- Tipe balok : BA1
- As Balok : B (2-2')
- Bentang balok (Lbalok) : 800 cm

II. Perhitungan perencanaan:

$$h \geq \frac{1}{21} x l \left(0,4 + \frac{fy}{700} \right)$$

$$h \geq \frac{1}{21} x 800 \left(0,4 + \frac{400}{700} \right)$$

$$h \geq 38,095 \text{ cm}$$

$$h \approx 45 \text{ cm}$$

$$b = \frac{1}{3} x h \text{ s/d } \frac{2}{3} x h$$

$$b = \frac{1}{3} x 40 = 13,333$$

$$b = \frac{2}{3} x 40 = 26,667$$

$$b \approx 35 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok induk dengan ukuran 35/45 cm

4.2.3. Balok Kantilever

I. Data-data perencanaan:

- Tipe balok : BK
- As Balok : A (1-2)
- Bentang balok (L_{balok}) : 200 cm

II. Perhitungan perencanaan:

$$h \geq \frac{1}{8} x l \left(0,4 + \frac{fy}{700} \right)$$

$$h \geq \frac{1}{8} x 200 \left(0,4 + \frac{400}{700} \right)$$

$$h \geq 25 \text{ cm}$$

$$h \approx 45 \text{ cm}$$

$$b = \frac{1}{3} x h \text{ s/d } \frac{2}{3} x h$$

$$b = \frac{1}{3} x 45 = 15 \text{ cm},$$

$$b = \frac{2}{3} x 45 = 30 \text{ cm}$$

$$b \approx 35 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok induk dengan ukuran 35/45 cm.

4.3 Tebal Pelat

Data-data perencanaan:

- Tipe Pelat : P1
- Rencana tebal pelat : 12 cm
- Bentang pelat sumbu panjang (L_y) : 800 cm
- Bentang pelat sumbu panjang (L_x) : 400 cm
- Dimensi balok as 2 (B-B') : 60/75
- Dimensi balok as B (2-2') : 60/75
- Dimensi balok as 2' (B-B') : 35/45
- Dimensi balok as B' (2-2') : 35/45

Perhitungan perencanaan pelat lantai unit dan atap

- Bentang bersih pelat sumbu panjang (l_n)

$$l_n = 800 - \frac{60}{2} - \frac{60}{2} = 753 \text{ cm}$$

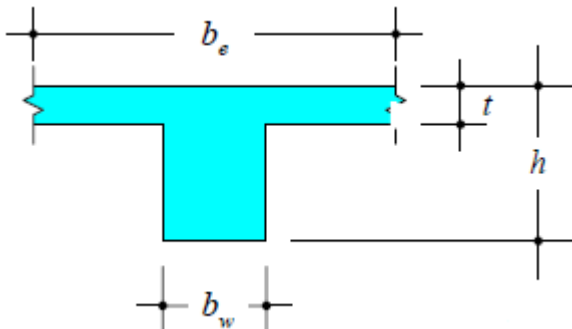
- Bentang bersih pelat sumbu pendek (s_n)

$$s_n = 400 - \frac{60}{2} - \frac{35}{2} = 352,5 \text{ cm}$$

- Rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek

$$\beta = \frac{l_n}{s_n} = \frac{753}{352,5} = 2,136 < 2, \text{ maka pelat dua arah}$$

- Tinjau balok induk as



b_w : 60 cm

h : 75 cm

Asumsi tebal pelat (h_f) : 12 cm

Pasal 15.2.4 SNI 03-2847-2002:

$$b_e = b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f$$

$$b_e = 60 + (2 \times (75 - 12)) \leq 60 + (8 \times 12)$$

$$b_e = 186 \leq 156, \text{ dipilih yang terkecil yaitu } b_e = 156 \text{ cm}$$

- Faktor modifikasi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k$$

$$= \frac{1 + \left(\frac{156}{60} - 1\right) \left(\frac{12}{75}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{75}\right) + 4 \left(\frac{12}{75}\right)^2 + \left(\frac{156}{60} - 1\right) \left(\frac{12}{75}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{156}{60} - 1\right) \left(\frac{12}{75}\right)}$$

$$k = 1,58$$

- Momen inersia penampang T (Ib)

$$I_b = \frac{1}{12} \times k \times b_w \times h^3$$

$$I_b = \frac{1}{12} \times 1,58 \times 60 \times 75^3$$

$$I_b = 3332812,5 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat (Ip)

$$I_p = Ly \times \frac{(hf)^3}{12}$$

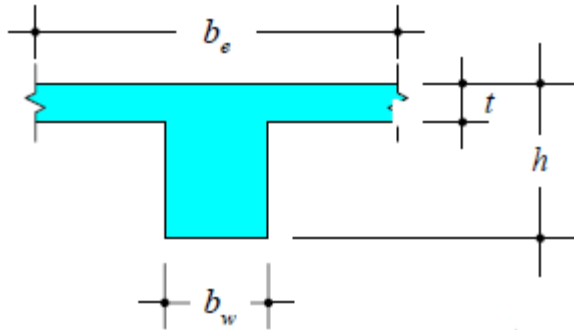
$$I_p = 400 \times \frac{(12)^3}{12}$$

$$I_p = 57.600 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha = \frac{I_b}{I_p} = \frac{3332812,5 \text{ cm}^4}{57600 \text{ cm}^4} = 57,86$$

- Tinjauan balok anak as



b_w : 35 cm

h : 45 cm

Asumsi tebal pelat (h_f) : 12 cm

Pasal 15.2.4 SNI 03-2847-2002:

$$b_e = b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f$$

$$b_e = 35 + (2 \times (45 - 12)) \leq 35 + (8 \times 12)$$

$b_e = 101 \leq 131$, dipilih yang terkecil yaitu

$$b_e = 101 \text{ cm}$$

- Faktor modifikasi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

k

$$= \frac{1 + \left(\frac{101}{35} - 1\right) \left(\frac{12}{45}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{45}\right) + 4 \left(\frac{12}{45}\right)^2 + \left(\frac{101}{45} - 1\right) \left(\frac{12}{45}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{101}{35} - 1\right) \left(\frac{12}{45}\right)}$$

$$k = 1,44$$

- Momen inersia penampang T (I_b)

$$I_b = \frac{1}{12} \times k \times b_w \times h^3$$

$$I_b = \frac{1}{12} \times 1,44 \times 35 \times 45^3$$

$$I_b = 382725 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat (I_p)

$$I_p = Ly \times \frac{(hf)^3}{12}$$

$$I_p = 400 \times \frac{(12)^3}{12}$$

$$I_p = 57.600 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha = \frac{I_b}{I_p} = \frac{2.62.560 \text{ cm}^4}{57.600 \text{ cm}^4} = 6,64$$

Dari perhitungan diatas didapatkan,

$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

$$\alpha_m = \frac{57,86 + 57,86 + 6,64 + 6,64}{4}$$

$$\alpha_m = 32,25$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.3 (c) Untuk α_m lebih besar dari =2, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari persamaan berikut:

$$h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{fy}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

$$h = \frac{352,5 \left(0,8 + \frac{400}{1400} \right)}{36 + 9}$$

$$h = 7,86 \text{ cm} < 9 \text{ cm}$$

Maka tebal pelat lantai unit serta pelat atap yang digunakan adalah 12 cm. Untuk lantai dasar sampai lantai 4 digunakan pelat setebal 15 cm, diperoleh dari cara perhitungan yang sama seperti diatas

4.4 Perencanaan Dimensi Kolom

4.2.1. Data-data perencanaan:

- Tipe kolom : K1

- Tinggi kolom (h_{kolom}) : 430 cm
- Bentang balok (L_{kolom}) : 800 cm
- Lebar balok (b_{balok}) : 60 cm
- Tinggi balok (h_{balok}) : 75 cm

4.2.2. Perhitungan perencanaan kolom lantai 1-4

$$\frac{\frac{1}{12} \times b_k \times h_k^3}{h_{kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b_b \times h_b^3}{L_{balok}}$$

Dimana $h_k = b_k$

$$\frac{\frac{1}{12} \times h_k^4}{h_{kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b_b \times h_b^3}{L_{balok}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times h_k^4}{400} \geq \frac{\frac{1}{12} \times 60 \times 75^3}{800}$$

$$h \geq 59,645 \text{ cm}$$

$$h \approx 85 \text{ cm}$$

Maka, digunakan dimensi kolom K1 (85 x 85) untuk lantai dasar sampai lantai 12 dan K2 (60x60) untuk kolom eksterior.

4.5 Perencanaan Dimensi Sloof

4.2.1. Data-data perencanaan:

- Tipe kolom : S1
- Tinggi kolom (h_{kolom}) : 350 cm
- Bentang sloof (L_{sloof}) : 800 cm
- Lebar kolom (b_{kolom}) : 85 cm

4.2.2. Perhitungan perencanaan kolom lantai 1-4

$$\frac{\frac{1}{12} \times b_k \times h_k^3}{h_{kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b_b \times h_b^3}{L_{balok}}$$

Dimana $h_k = b_k$

$$\frac{\frac{1}{12} \times h_k^4}{h_{kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times h_s^4}{L_{sloof}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times 85^4}{350} \geq \frac{\frac{1}{12} \times h_s^4}{800}$$

$$h_s \leq 86,07 \text{ cm}$$

$$h \approx 70 \text{ cm}$$

$$bs = \frac{2}{3} \times h_s = \frac{2}{3} \times 70 = 46,667 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm}$$

Maka, digunakan dimensi sloof S1 (60 x 75).

4.6 Perencanaan Dimensi Tangga

4.2.1. Data-data perencanaan:

- Tebal pelat tangga : 15 cm
- Tebal pelat bordes : 15 cm
- Lebar injakan (i) : 28 cm
- Tinggi injakan (t) : 18 cm
- Tinggi tangga : 430 cm
- Tinggi bordes : 216 cm
- Panjang datar tangga : 276 cm

4.2.2. Perhitungan Perencanaan:

- Panjang miring tangga

$$L = \sqrt{\text{tinggi bordes}^2 + \text{panjang tangga}^2}$$

$$L = \sqrt{216^2 + 276^2}$$

$$L = 350,474 \text{ cm}$$
- Jumlah tanjakan

$$nt = \frac{\text{tinggi bordes}}{\text{tinggi injakan}}$$

$$nt = \frac{216}{18}$$

$$nt = 12 \text{ buah}$$
- Jumlah injakan

$$ni = nt - 1$$

$$ni = 12 - 1$$

$$ni = 11 \text{ buah}$$
- Sudut kemiringan

$$\alpha = \arctan \frac{t}{i}$$

$$\alpha = \arctan \frac{18}{28}$$

$$\alpha = 32,735^\circ$$

- Syarat sudut kemiringan

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

$$25^\circ \leq 32,735^\circ \leq 40^\circ \text{ (Memenuhi)}$$

4.7 Perencanaan Dimensi Dinding Geser

Berdasarkan SNI 03-2847-2012 pasal 14.5.3.1 , ketebalan dinding pendukung tidak boleh kurang dari 1/25 tinggi atau panjang bentang tertumpu yang mana lebih pendek, atau kurang dari 100mm.

4.2.1. Data-data perencanaan:

- Tebal dinding geser : 35 cm
- Panjang bentang : 8000 cm
- Tinggi per lantai : 400 cm, 430 cm, 350 cm

4.2.2. Perhitungan perencanaan:

$$40 > \frac{H}{25} = \frac{400}{25} = 16 \text{ cm}$$

$$40 > \frac{H}{25} = \frac{430}{25} = 17,2 \text{ cm}$$

$$40 > \frac{H}{25} = \frac{350}{25} = 14 \text{ cm}$$

Maka, dinding geser dengan tebal 35 cm memenuhi syarat untuk digunakan sebagai dinding struktural.

BAB V

PEMBEBANAN DAN ANALISA PERMODELAN

5.1 Pembebanan

Untuk dapat melakukan analisis struktur menggunakan program SAP2000, maka sebelumnya dibutuhkan perhitungan beban gravitasi yang berdasar pada SNI-03-1727-2013, ASCE-2002, dan brosur material yang ada pada saat ini. Adapun beban yang perlu diinput yaitu beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa. Untuk brosur material yang akan digunakan telah di lampirkan pada Lampiran .

5.1.1 Pembebanan Pelat

- Pembebanan Pelat Lantai

Beban mati sesuai (ASCE7-2002 Table C3-1):

Pelat Lantai tebal (12cm)

$$= (0.023 \times 120\text{mm}) + 0.07 = 2,83 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Ducting Mekanikal} = 0,19 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat keramik dan spesi} = 1,1 \text{ kN/ m}^2$$

$$\text{Berat Plafond} = 0.05 \text{ kN/ m}^2$$

$$\text{Berat Penggantung} = 0.10 \text{ kN/ m}^2$$

$$\text{Total beban mati pelat} = 4,27 \text{ kN/ m}^2$$

- Pembebanan Pelat Atap

Beban mati sesuai (ASCE7-2002 Table C3-1):

Pelat Lantai tebal (12cm)

$$= (0.023 \times 120\text{mm}) + 0.07 = 2,83 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Ducting Mekanikal} = 0,19 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat Plafond} = 0.05 \text{ kN/ m}^2$$

$$\text{Berat Penggantung} = 0.10 \text{ kN/ m}^2$$

$$\text{Total beban mati pelat} = 3,22 \text{ kN/ m}^2$$

- Beban Hidup Pelat Lantai sesuai SNI 1727-2013:
Beban hidup lantai dasar – lantai 4 :
Lantai Parkir = 4,79 kN/ m²

Beban Hidup lantai 5- lantai 12
Lantai Unit = 1,92 kN/ m²

Beban Hidup lantai atap
Pelat atap = 0,96 kN/ m²

Beban hujan pada lantai atap (SNI 1727-2013, pasal 8.3)
 $R = 0,0098 (d_s + d_h)$

Dimana:

$d_s = \text{tinggi statis}$

$d_h = \text{tinggi hidrolik}$

Maka, direncanakan:

$R = 0,0098 (10+20) = 0,294 \text{ kN/ m}^2$

5.1.2 Pembebanan Tangga

- Beban Pelat Anak Tangga Lantai dasar-12
Beban mati sesuai (ASCE7-2002 Table C3-1):
Berat pelat (tebal 15 cm)
 $= 0,023 \times 150 = 3,45 \text{ kN/ m}^2$
Berat anak tangga
 $= 0,074 \text{ m} \times 23,6 \text{ kN/ m}^3 = 1,746 \text{ kN/ m}^2$
Berat keramik dan spesi = 1,1 kN/ m²
Total beban mati pelat = 6,296 kN/ m²
- Beban Hidup Pelat dan Bordes Tangga sesuai (SNI 1727-2013,pasal 4.5.4):
Beban hidup = 1,33 kN = 133 kg
Jumlah anak tangga = 12 buah
Total beban hidup = 133kg x 12 buah = 1596kg
= 15,96 kN
Area tangga rencana = lebar tangga x panjang tangga

$$= 2,5\text{m} \times 2,99\text{m} = 7,475 \text{ m}^2$$

Beban merata pada anak tangga dan bordes:

$$\frac{15,96 \text{ kN}}{7,475 \text{ m}^2} = 2,135 \text{ kN/m}^2$$

5.1.3 Pembebanan Dinding

- Pembebanan dinding sesuai Brosur dan ASCE-2002

$$\text{Berat bata ringan} = 0,9 \text{ kN/ m}^2$$

$$\text{Berat plesteran (gypsum)} = 0,48 \text{ kN/ m}^2$$

$$\text{Total beban dinding} = 1,38 \text{ kN/ m}^2$$

Perhitungan:

- Beban merata lantai 1-3

$$\text{BM} = H1 \times \text{Total beban dinding}$$

$$= 3,5\text{m} \times 1,38 \text{ kN/ m}^2$$

$$= 4,83 \text{ kN/ m}$$

- Beban merata lantai 4

$$\text{BM} = H1 \times \text{Total beban dinding}$$

$$= 4\text{m} \times 1,38 \text{ kN/ m}^2$$

$$= 5,52 \text{ kN/ m}$$

- Beban merata lantai 5-7

$$\text{BM} = H1 \times \text{Total beban dinding}$$

$$= 4,3\text{m} \times 1,38 \text{ kN/ m}^2$$

$$= 6,21 \text{ kN/ m}$$

- Beban merata lantai 8-12

$$\text{BM} = H1 \times \text{Total beban dinding}$$

$$= 4\text{m} \times 1,38 \text{ kN/ m}^2$$

$$= 5,52 \text{ kN/ m}$$

5.1.4 Pembebanan Balok Penggantung Lift

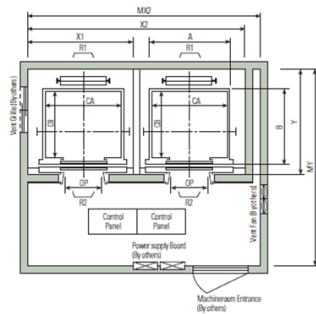
Pada gedung hotel ini direncanakan Lift menggunakan merk Hyundai dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 15 Spesifikasi Lift Hyundai Luxen Manufacturer Standard

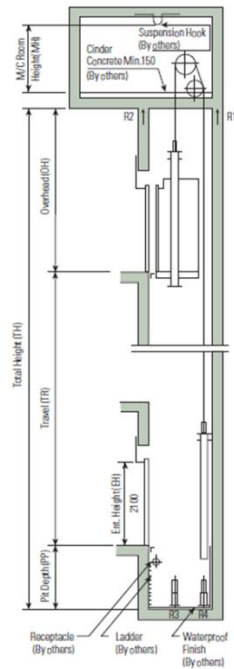
Speed (m/sec)	Capacity (person/kg)	Reaction				Door Opening
		(Static Load)				
		R1	R2	R3	R4	
1	11/750	4550	2800	7100	5600	800

Tabel 16 Spesifikasi Lift Hyundai Luxen Manufacturer Standard
(lanjutan)

Inside Dimension					
Car		Hoistway		Machine Room	
A	B	X2	Y	MX2	MY
1460	1505	3700	1950	4000	3700



Gambar 5. 1 Dimensi Elevator



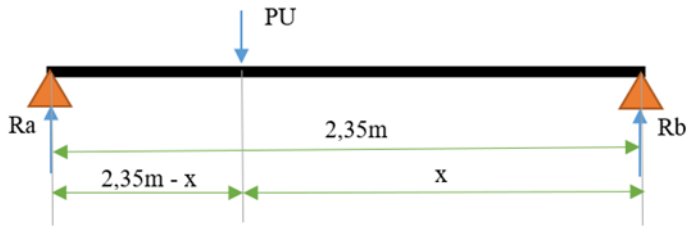
Gambar 5. 2 Reaksi Pergerakan Lift

Perhitungan pembebanan pada balok penggantung lift :

Panjang balok penggantung lift = 2.35m

$$R_a = R_1 \cdot KLL = R_1 \times 150\% = 4550\text{kg} \times 150\% = 6825\text{kg}$$

$$R_b = R_2 \cdot KLL = R_2 \times 150\% = 2800\text{kg} \times 150\% = 4200\text{kg}$$



Gambar 5. 3 Pembebanan pada Balok Penggantung Lift

$$\sum M_b = 0$$

$$0 = 2,35m \cdot 6825kg - P_u \cdot x$$

$$P_u = \frac{16038,75 \text{ kg} \cdot m}{x}$$

$$\sum M_a = 0$$

$$0 = 2,35m \cdot 4200kg - P_u \cdot (2,35m - x)$$

$$0 = 9870 \text{ kg} \cdot m - \frac{16038,75 \text{ kg} \cdot m}{x} \cdot (2,35m - x)$$

$$0 = 9870 \text{ kg} \cdot m - \frac{37691,063 \text{ kg} \cdot m^2}{x} + \frac{(16038,75 \text{ kg} \cdot m) \cdot x}{x}$$

$$0 = -\frac{37691,063 \text{ kg} \cdot m^2}{x} + 25908,75 \text{ kg} \cdot m$$

$$(25908,75 \text{ kg} \cdot m) \cdot x = 37691,063 \text{ kg} \cdot m^2$$

$$x = 1,455m$$

$$P_u = \frac{16038,75 \text{ kg} \cdot m}{x} = \frac{16038,75 \text{ kg} \cdot m}{1,455m} = 11023,196 \text{ kg}$$

$$\frac{Pu}{2} = 5511.598 \text{ kg}$$

5.1.5 Pembebanan Angin

Berikut tahap-tahap perhitungan pembebanan angin untuk Gedung hotel 12 Lantai di Kota Malang yang dimana bangunan tersebut harus dirancang sesuai dengan SNI 03-1727-2013 mengenai Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU):

1. Menentukan kategori resiko bangunan. Hotel ini termasuk dalam kategori resiko II.
2. Kecepatan angina dasar (V) = 61 knot = 31,38 m/s (didapat melalui kecepatan pada kecepatan angin maksimum yang paling besar tahun 2014. *Source:* <https://malangkota.bps.go.id>)
3. Faktor arah angina (K_d) = 0,85 (SNI 03-1727-2013, Tabel 26.6-1)
4. Kategori eksposur = B (SNI 03-1727-2013, pasal 26.7.3)
5. Faktor topografi (K_{zt}) = 1,0 (SNI 03-1727-2013, pasal 26.8.2)
6. Faktor efek angina (G) = 0,85 (SNI 03-1727-2013, pasal 26.9.1)
7. Klasifikasi tekanan internal, $G_{cpi} = \pm 0,18$

Klasifikasi Ketertutupan	(GC _{pt})
Bangunan gedung terbuka	0,00
Bangunan gedung tertutup sebagian	+ 0,55 - 0,55
Bangunan gedung tertutup	+ 0,18 - 0,18

Gambar 5. 4 SNI 1727-2013 Tabel 26 11-1

8. Menentukan tekanan eksposur tekanan velositas, K_z atau K_h

a. Menghitung K_z

$$Z = 48,4\text{m}$$

$$\alpha = 7,0$$

$$Z_g = 365,76$$

Dalam metrik										
Eksposur	α	Z _g (ft)	\hat{a}	\hat{b}	$\bar{\alpha}$	\bar{b}	c	ℓ (ft)	$\bar{\epsilon}$	Z _{min} (m)*
B	7,0	365,76	1/7	0,84	1/4,0	0,45	0,30	97,54	1/3,0	9,14
C	9,5	274,32	1/9,5	1,00	1/6,5	0,65	0,20	152,4	1/5,0	4,57
D	11,5	213,36	1/11,5	1,07	1/9,0	0,80	0,15	198,12	1/8,0	2,13

Gambar 5. 5 SNI 1727-2013 Tabel 26.9.1

$$K_z = 2,01 \left(\frac{z}{z_g} \right)^{\frac{2}{\alpha}}$$

$$K_z = 2,01 \left(\frac{48,4}{365,76} \right)^{\frac{2}{7}} = 1,128$$

b. Menghitung K_h

$K_z = K_h = 1,128$ (karena atap datar)

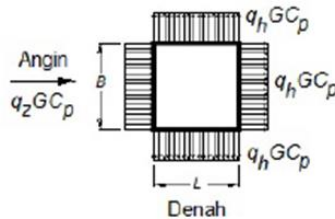
9. Menentukan tekanan velositas, q_z dan q_h
 Sesuai SNI 1727-2013, pasal 27.3.2

$$\begin{aligned} \text{a. } q_z &= 0,613 \cdot k_z \cdot k_{zt} \cdot k_d \cdot v^2 \\ q_z &= 0,613 \cdot 1,128 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot (31,38)^2 \\ q_z &= 578,754 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } q_h &= 0,613 \cdot k_z \cdot k_{zt} \cdot k_d \cdot v^2 \\ q_z &= 0,613 \cdot 1,128 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot (31,38)^2 \\ q_z &= 578,754 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

10. Menentukan koefisien eksternal C_p

Sesuai SNI 1727-2013 gambar 27.4-1 :



Gambar 5. 6 Pengaruh Angin pada Dinding

Koefisien tekanan dinding, C_p			
Permukaan	UB	C_p	Digunakan dengan
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0,8	q_z
Dinding di sisi angin pergi	0 – 1	-0,5	
	2	-0,3	
	≥ 4	-0,2	q_h
Dinding tepi	Seluruh nilai	-0,7	

Gambar 5. 7 Koefisien Tekanan Dinding

a. Dinding di sisi angin datang (q_z)

$$C_p = 0,8$$

- b. Dinding di sisi angin pergi (q_h)

$$\frac{L}{B} = \frac{31m}{48m} = 0,646$$

$$C_p = -0,5$$

- c. Dinding Tepi (q_h)

$$C_p = -0,7$$

11. Tekanan angin pada setiap permukaan bangunan Gedung kaku. (SNI 1727-2013 persamaan 27..4-1)

- a. Dinding di sisi angin datang

$$p = q \cdot G \cdot C_{pi} - q_i \cdot (G C_{pi})$$

$$p = 578,754 \text{ N/m}^2 \cdot 0,85 \cdot 0,8 - 578,754 \text{ N/m}^2 \cdot (+0,18)$$

$$p = 289,377 \text{ N/m}^2 = 28,94 \text{ kg/m}^2$$

- b. Dinding di sisi angin pergi

$$p = q \cdot G \cdot C_{pi} - q_i \cdot (G C_{pi})$$

$$p = 578,754 \text{ N/m}^2 \cdot 0,85 \cdot (-0,5) - 578,754 \text{ N/m}^2 \cdot (+0,18)$$

$$p = -350,07 \text{ N/m}^2 = -35,007 \text{ kg/m}^2$$

- c. Dinding tepi

$$p = q \cdot G \cdot C_{pi} - q_i \cdot (G C_{pi})$$

$$p = 578,754 \text{ N/m}^2 \cdot 0,85 \cdot (-0,7) - 578,754 \text{ N/m}^2 \cdot (+0,18)$$

$$p = -448,53 \text{ N/m}^2 = -44,853 \text{ kg/m}^2$$

Sesuai dengan SNI 1727-2013 pasal 27.1.5 mengenai Beban angin desain minimum, bahwa beban angin yg digunakan untuk bangunan Gedung tertutup tidak boleh lebih kecil dari 16 lb/ft^2 ($0,77 \text{ kN/m}^2$) dikalikan dengan luas dinding bangunan gedung dan 8 lb/ft^2 ($0,38 \text{ kN/m}^2$) dikalikan dengan luas atap bangunan gedung.

5.1.6 Pembebanan Gempa

Beban gempa untuk perencanaan struktur bangunan ditinjau secara Analisa dinamis 3 dimensi. Berikut ini adalah tahapan-tahapan untuk memperoleh beban gempa dengan cara respon spektrum:

a. Menentukan kategori resiko bangunan gedung

Berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 1, bangunan dengan pemanfaatan fasilitas apartemen/rumah susun masuk kedalam **kategori risiko II**.

b. Menentukan faktor keutamaan gempa

Berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 2, Faktor keutamaan gempa (I_e) untuk kategori risiko II adalah 1,0 .

c. Menentukan kelas situs

Kelas situs ditentukan berdasarkan hasil tes tanah pada tanah yang akan di bangun. Berikut ini adalah hasil tes tanah dengan kedalaman 30m pada tanah di lokasi JL. Dr. Cipto no.11, Malang.

Tabel 17 Perhitungan SPT rata-rata

Lapisan ke-i	Tebal lapisan (di) (m)	Deskripsi Tanah	Nilai N-SPT	di/Ni
1	0.5	fill,sand,brown,trace silt	50	0.010
2	5	silt and clay,dark brown	11	0.455
3	6.5	sand and silt brown	27	0.241
4	3	silt and grey	13.0	0.231
5	1.3	silt and sand,brown	37	0.035
6	2.7	silt and clay,brownish dark grey	6.0	0.450

7	3.3	silt and sand,brown,trace clay	25	0.132
8	1.7	sand and silt,greys,medium	27.0	0.063
9	3.4	sand and silt,greys,cemented at some depth	50.0	0.068
10	2.6	sand and silt,brown,cemented at some depth	50.0	0.052
JUMLAH	30			1.736

Keterangan:

d= tebal setiap lapisan

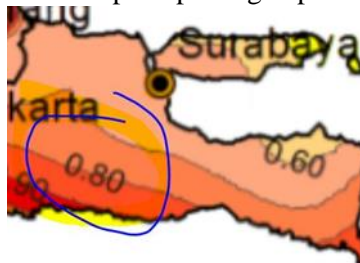
N= tahanan penetrasi standar 60% energi (N_{60})

Maka nilai N-SPT rata-rata tanah:

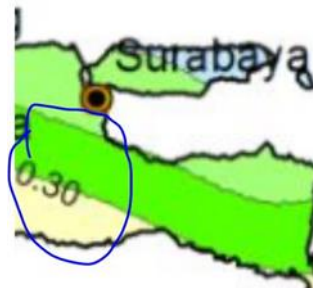
$$\bar{N} = \frac{d}{d/N} = \frac{30}{1,736} = 21,6$$

Menurut SNI 1726-2012 Tabel 3, untuk N 15 sampai 50 maka termasuk dalam kelas situs **SD** (tanah sedang).

d. Menentukan parameter percepatan gempa



Gambar 5. 8 Peta Respon Spectra Percepatan 0,2 dtk Ss



Gambar 5. 9 Peta Respon Spectra Percepatan 1 dtk S_1

Maka diambil nilai $S_1 = 0,3g$ dan $S_s = 0,8g$

e. Menentukan koefisien situs

Berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 4 dan Tabel 5, dapat menentukan Koefisien situs F_a dan F_v sebagai berikut:

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^a				

Gambar 5. 10 SNI 1726-2012 Tabel 4 Koefisien Situs F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^a				

Gambar 5. 11 SNI 1726-2012 Tabel 5 Koefisien Situs F_v

Maka diambil $F_a = 1,18$ (hasil interpolasi)

dan $F_v = 1,8$.

f. Menentukan parameter percepatan desain spectral

Berdasarkan SNI 1726-2012 Persamaan 5 dan 6 didapatkan:

$$S_{MS} = F_a \cdot S_S = 1,18 \cdot 0,8 = 0,944$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 = 1,8 \cdot 0,3 = 0,54$$

Berdasarkan SNI 1726-2012 Persamaan 7 dan 8 didapatkan:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \cdot S_{MS} = \frac{2}{3} \cdot 0,944 = 0,629$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \cdot S_{M1} = \frac{2}{3} \cdot 0,54 = 0,36$$

g. Menentukan kategori desain seismik

Berdasarkan SNI 1726-2012, Tabel 6 berdasarkan nilai $S_{DS} = 0,5 \leq S_{DS}$ dengan kategori risiko II, maka termasuk dalam kategori desain seismik **D**. Sedangkan berdasarkan SNI 1726-2012, Tabel 7 berdasarkan nilai $S_{D1} = 0,2 \leq S_{D1}$ dengan kategori risiko II, maka termasuk dalam kategori desain seismik **D**.

h. Menentukan parameter sturktur

Berdasarkan SNI 1726-2012, tabel 9 untuk sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) adalah:

Koefisien modifikasi respon (R) : 8

Faktor kuat-lebih sistem (Ω_0) :2,5

Faktor pembesaran defleksi (C_d) :2,5

i. Analisa respon spektrum

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 6.4 pada persamaan 9 dan 10 didapatkan:

$$T_0 = 0,2 \cdot \frac{S_{D1}}{S_{Ds}} = 0,2 \cdot \frac{0,36}{0,629} = 0,114$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{Ds}} = \frac{0,36}{0,629} = 0,572$$

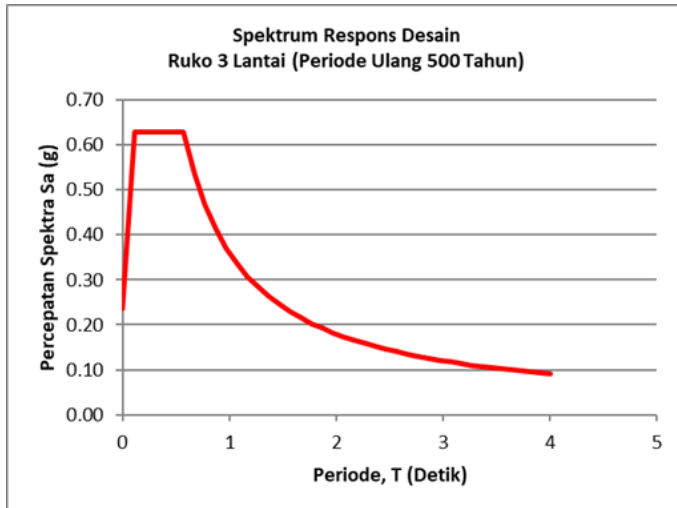
Ketentuan untuk perhitungan respons spektrum:

- Untuk $T < T_0$, nilai $S_a = S_{Ds} \cdot \left(0,4 + 0,6 \cdot \frac{T}{T_0}\right)$ (SNI 1726-2012 pasal 6.4)
- Untuk $T \geq T_0$, nilai $S_a = S_{Ds}$
- Untuk $T > T_s$, nilai $S_a = S_{D1}/T$

Tabel 18 Hasil Spektrum Respon Desain

T (detik)	T (detik)	Sa (g)
0	0	0.24
T0	0.11	0.63
Ts	0.57	0.63
Ts+0.1	0.67	0.536
Ts+0.2	0.77	0.466
Ts+0.3	0.87	0.413
Ts+0.4	0.97	0.370
Ts+0.5	1.07	0.336
Ts+0.6	1.17	0.307
Ts+0.7	1.27	0.283
Ts+0.8	1.37	0.262
Ts+0.9	1.47	0.245

Ts+1.0	1.57	0.229
Ts+1.1	1.67	0.215
Ts+1.2	1.77	0.203
Ts+1.3	1.87	0.192
Ts+1.4	1.97	0.183
Ts+1.5	2.07	0.174
Ts+1.6	2.17	0.166
Ts+1.7	2.27	0.158
Ts+1.8	2.37	0.152
Ts+1.9	2.47	0.146
Ts+2.0	2.57	0.140
Ts+2.1	2.67	0.135
Ts+2.2	2.77	0.130
Ts+2.3	2.87	0.125
Ts+2.4	2.97	0.121
Ts+2.5	3.07	0.117
Ts+2.6	3.17	0.113
Ts+2.7	3.27	0.110
Ts+2.8	3.37	0.107
Ts+2.9	3.47	0.104
4	4	0.09



Gambar 5. 12 Grafik Respons Spektrum

5.1.7 Kombinasi Pembebanan

Pembebanan struktur beton harus mampu memikul semua beban kombinasi pembebanan dibawah ini berdasarkan SNI 03-1726-2012:

1. 1,4D
2. 1,2D + 1,6L + 0,5Lr
3. 1,2D + 1,6L + 0,5R
4. 1,2D + 1,6Lr + 1,0L
5. 1,2D + 1,6Lr + 0,5W
6. 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr
7. 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5R
8. 0,9D + 1,0W
9. 1,2D + 1,0EX + 1,0L
10. 1,2D + 1,0EY + 1,0L
11. 0,9D + 1,0EX
12. 0,9D + 1,0EY

$$13. (1,2+0,2SDS)D + (1,0\rho)EX + 1,0L$$

$$\text{➤ } 1,33D + 1,3EX + 1,0L$$

$$14. (1,2+0,2SDS)D + (1,0\rho)EY + 1,0L$$

$$\text{➤ } 1,33D + 1,3EY + 1,0L$$

$$15. 0,9-(0,2xSds)D + 1,3EX$$

$$\text{➤ } 0,744D + 1,3EX$$

$$16. 0,9-(0,2xSds)D + 1,3EY$$

$$\text{➤ } 0,744D + 1,3EY$$

Dimana nilai : $SDS = 0,63$

$\rho = 1,3$ (SNI 03-1726-2012 Pasal 7.3.4.2)

Keterangan: D : Beban Mati

Lr : Beban Hidup Atap

L : Beban Hidup

R : Beban Hujan

W : Beban Angin

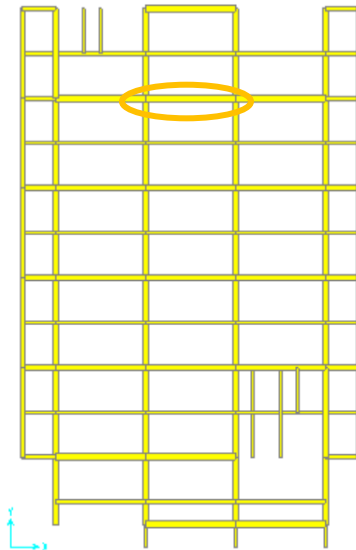
E : Beban Gempa

5.2 Permodelan Struktur

5.2.1 Kontrol Permodelan SAP

Untuk memastikan permodelan yang ada sudah baik dan benar, maka dilakukan kontrol permodelan SAP2000. Kontrol permodelan SAP dilakukan dengan cara membandingkan gaya yang terjadi pada program bantu SAP2000 dengan gaya yang terjadi pada hitungan manual.

5.2.1.1 Pengecekan Gaya pada Balok



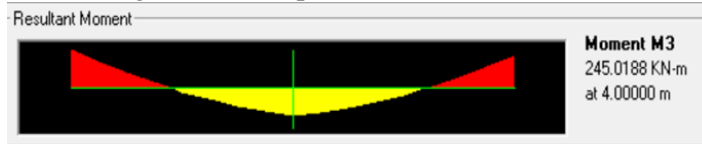
Gambar 5. 13 Balok yang ditinjau

Pengecekan momen yang terjadi pada balok, dilakukan dengan mengecek pada lantai 4 sebagai berikut:

Untuk gaya yang terjadi pada program bantu SAP2000 pada balok yang ditinjau (frame 616) dengan momen yang terjadi (kombinasi 1,2D+1,6L) adalah sebagai berikut:

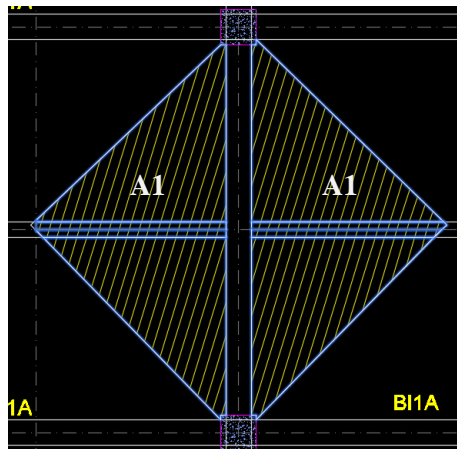


Momen negatif di muka perletakan interior = -346.1842 kN.m



Momen positif di tengah bentang = 245.0188 kN.m

Sedangkan untuk gaya yang terjadi dengan menggunakan perhitungan manual adalah sebagai berikut:



Gambar 5. 14 Tributary Area pada Balok yang diinjau

$$A1 = 16 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{total}} = A1 + A1 = 16 \text{ m}^2 + 16 \text{ m}^2 = 32 \text{ m}^2$$

$$\text{Bentang balok (Ln)} = 7.4 \text{ m}$$

a) Beban mati tidak terfaktor (per satuan Panjang):

- Berat sendiri balok induk = $(0,6 \times 0,75) m^2 \times 2400 \frac{kg}{m^3} = 1080 kg/m$
- Berat sendiri balok anak memanjang dan melintang = $(0,35 \times 0,45) m^2 \times \frac{2400kg}{m^3} = 378 kg/m$
- Berat sendiri pelat = $0,12 \times 2400 kg/m^3 = 288 kg/m^2$
- Dinding bata ringan = $60 kg/m^2$
- Keramik + spesi = $110 kg/m^2$
- Ducting mechanical = $19 kg/m^2$
- Plafond = $5 kg/m^2$
- Penggantung langit-langit = $10 kg/m^2$

Beban mati tambahan total :

$$(288+110+19+5+10)kg/m^2 = 432 kg/m^2$$

Maka beban mati total per satuan Panjang adalah:

$$D = \left(\frac{432 \frac{kg}{m^2} \times 32 m^2}{7,4 m} \right) + \frac{1080 kg}{m} + \frac{444 kg}{m} + \frac{756 kg}{m}$$

$$D = 4148,108 kg/m$$

b) Beban hidup tidak terfaktor (per satuan Panjang):

Beban hidup untuk lantai 4 = $479 kg/m^2$

$$L = \left(\frac{479 kg/m^2 \times 32 m^2}{7,4} \right) = 2071,35 kg/m$$

c) Kombinasi beban akibat gaya grafitasi:

$$qu = 1,4D = 1,4 \cdot 4148,108 = 5807,35$$

$$qu = 1,2D + 1,6L = 1,2(4148,108) + 1,6(2071,35) = 7463,35 kg/m$$

Diambil yang terbesar yaitu $qu = 7463,35 kg/m$

Untuk menghitung momen yang terjadi pada balok, digunakan metode analisis berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 8.3.3, bahwa:

Momen negative di muka perletakan interior:

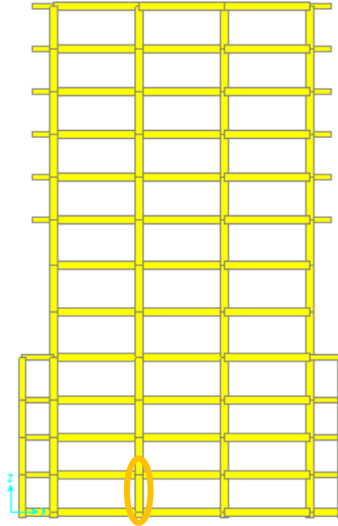
$$M^- = \frac{-qu \cdot l_n^2}{11} = \frac{-7463,35 \text{ kg/m} \cdot (7,4 \text{ m})^2}{11} = -371,539 \text{ kN.m}$$

$$M \text{ interior} = \frac{371,539 - 346,1842}{346,1842} = 7,32 \% < 10\% \quad (\text{OK})$$

$$M^+ = \frac{qu \cdot l_n^2}{11} = \frac{7463,35 \text{ kg/m} \cdot (7,4 \text{ m})^2}{16} = 255,433 \text{ kN.m}$$

$$M \text{ tengah} = \frac{255,433 - 245,0188}{245,0188} = 4,25 \% < 10\% \quad (\text{OK})$$

5.2.1.2 Pengecekan Gaya pada Kolom



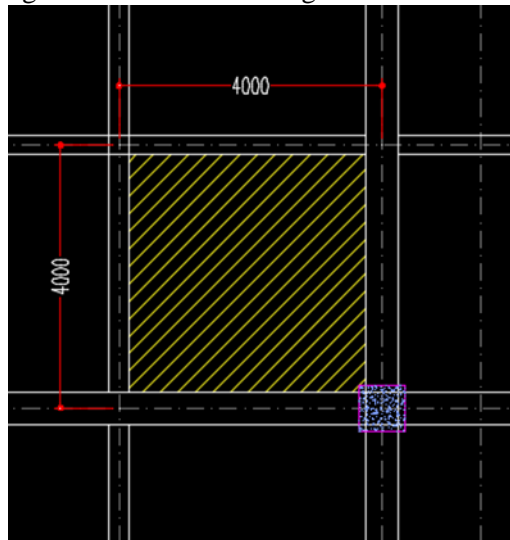
Gambar 5. 15 Kolom yang ditinjau untuk Kontrol Gaya Dalam

Untuk gaya yang terjadi pada SAP2000 pada kolom yang ditinjau (frame2029) dengan aksial yang terjadi (beban DEAD) adalah sebagai berikut:



$$P=527578,52 \text{ kg}$$

Untuk gaya yang terjadi dengan menggunakan perhitungan manual adalah sebagai berikut:



Gambar 5. 16 Tributary Area pada Kolom yang ditinjau

pelat lantai 4	berat sendiri		b	L	t	x lantai	berat
beban mati			m	m	m		kg
pelat lantai (15 cm)	2400	Kg/m ³	4	4	0.15	1	5760
penggantung plafon	7	Kg/m ²	4	4		1	112
plafond fibercement	40	Kg/m ²	4	4		1	640
balok anak melintang 30/40	2400	Kg/m ³	0.35	8	0.45	1	3024
balok anak memanjang 30/40	2400	Kg/m ³	0.35	8	0.45	1	3024
balok induk melintang (50/70)	2400	Kg/m ³	0.6	8	0.75	1	8640
balok induk memanjang (50/70)	2400	Kg/m ³	0.6	8	0.75	1	8640
tembok bata ringan	90	Kg/m ²		16	4		5760
keramik+spesi	110	Kg/m ³	4	4	0.02		35.2
kolom (85/85)	2400	Kg/m ³	0.85	0.85	4		6936
plumbing galvanized welded steel	19.8	Kg/m ²	4	4			316.8
WD 2							42888

pelat lantai 1-3	berat sendiri		b	L	t	x lantai	berat
beban mati			m	m	m		kg
pelat lantai (15 cm)	2400	Kg/m ³	4	4	0.15	1	5760
penggantung plafon	7	Kg/m ²	4	4		1	112
plafond fibercement	40	Kg/m ²	4	4		1	640
balok anak melintang 30/40	2400	Kg/m ³	0.35	8	0.45	1	3024
balok anak memanjang 30/40	2400	Kg/m ³	0.35	8	0.45	1	3024
balok induk melintang (50/70)	2400	Kg/m ³	0.6	8	0.75	1	8640
balok induk memanjang (50/70)	2400	Kg/m ³	0.6	8	0.75	1	8640
tembok bata ringan	90	Kg/m ²		16	3.5		5040
keramik+spesi	110	Kg/m ³	4	4	0.02		35.2
kolom (85/85)	2400	Kg/m ³	0.85	0.85	3.5		6069
plumbing galvanized welded steel	19.8	Kg/m ²	4	4			316.8
WD 1							41301

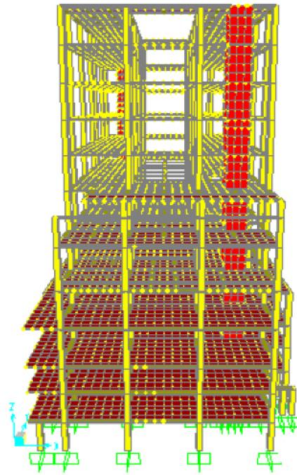
Total aksial yang ditumpu kolom dengan perhitungan manual :

$$P = (3 \times 41301) + (42888) + (3 \times 42688,2) + (4 \times 41736) + (30752) \\ = 492551,6 \text{ kg}$$

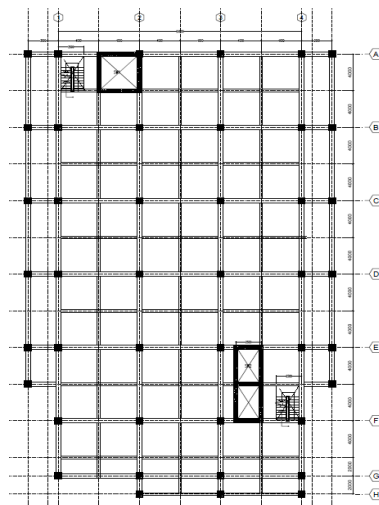
Selisih perhitungan manual dengan SAP < 10%

$$P = \frac{527578,52 - 492551,6}{527578,52} = 6,117\% < 10\% \text{ (OK)}$$

5.2.2 Permodelan Struktur Sistem Ganda Eksisting



Gambar 5. 17 Permodelan Eksisting pada SAP



Gambar 5. 18 Letak Dinding Geser Eksisting

5.2.1.1 Faktor Skala untuk *Dual System*

Faktor skala gaya gempa diambil dari persamaan sebagai berikut:

➤ Untuk *Dual System*

$$\text{Faktor Pembebanan} = \frac{I_e}{R} \times g = \frac{1}{7} \times 9,8 = 1,4$$

Faktor beban tersebut adalah untuk arah gempa yang ditinjau, sedangkan arah yang tegak lurus dari peninjauan gempa tersebut akan dikenakan gempa sebesar 30% dari arah gempa yang ditinjau sehingga faktor skala gaya pada arah tegak lurus gempa yang ditinjau adalah:

➤ Untuk (Arah X) *Dual System*

$$\begin{aligned} \text{Faktor Pembebanan} &= 30\% \cdot \text{Arah X} \\ &= 0,3 \times 1,4 = 0,42 \end{aligned}$$

5.2.1.2 Menghitung Periode Fundamental Perkiraan

Tabel 20 Periode Fundamental Eksisting pada SAP

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	2.149622	0.4652	2.9229	8.5435
MODAL	Mode	2	1.91322	0.52268	3.2841	10.785
MODAL	Mode	3	1.722166	0.58066	3.6484	13.311
MODAL	Mode	4	1.692397	0.59088	3.7126	13.783
MODAL	Mode	5	1.634323	0.61187	3.8445	14.78
MODAL	Mode	6	1.572928	0.63576	3.9946	15.957
MODAL	Mode	7	0.978127	1.0224	6.4237	41.264
MODAL	Mode	8	0.978013	1.0225	6.4244	41.273
MODAL	Mode	9	0.68537	1.4591	9.1676	84.045
MODAL	Mode	10	0.672156	1.4877	9.3478	87.381
MODAL	Mode	11	0.592432	1.688	10.606	112.48
MODAL	Mode	12	0.585151	1.709	10.738	115.3

Periode fundamental perkiraan dihitung dengan menentukan nilai C_t dan X terlebih dahulu, yaitu sebagai berikut:

Tabel 21 Nilai C_t dan X

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terpusat terpusat terpusat	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

$$T_{a_{shearwall}} = C_t \times h n^x = 0,0488 \times 47,4^{0,75} = 0,88 \text{ dtk}$$

- Menghitung Batas Atas Periode Struktur
 Nilai periode struktur bangunan yang tidak boleh melebihi nilai batas atas periode struktur yang dihitung sebagai berikut:

Tabel 22 Nilai C_u

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Niali C_u adalah 1,4 karena S_{D1} ialah 0,36. $T_{batas atas}$ dapat diperoleh sebagai berikut:

$$C_u \times T_{a_{shearwall}} = 1,4 \times 0,88 = 1,234 \text{ dtk}$$

Dari hasil analisis SAP2000 pada tabel diatas diperoleh nilai:

$$\text{MODE 2 } (T_{SAP_{shearwall}}) = 1,91322$$

Perbandingan nilai untuk periode fundamental struktur sebagai berikut:

$$T_{a_{min}} \leq T_{sap} \leq T_{max}$$

$$0,88 \leq 1,91322 \leq 1,234 \quad (\text{No OK})$$

Maka, periode yang diperoleh dari permodelan eksisting tidak memenuhi batas periode yang sudah ditetapkan SNI 1726-2012 pasal 7.9.4.1.

5.2.1.3 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Dari nilai perpindahan elastis (δ_{ei}) yang diperoleh dari SAP, maka dapat dilakukan perhitungan kontrol simpangan antar lantai pada arah X dan arah Y.

Tabel 23 Kontrol Simpangan Antar Lantai Sumbu X Eksisting

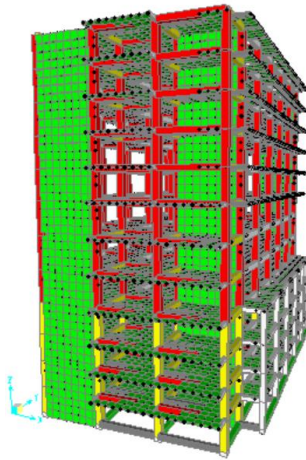
Evaluasi Simpangan Antar Lantai pada sumbu X							
Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar Tingkat (m)	δ_e (mm)	δ_{xe} (mm)	δ_x (mm)	Δ ijin (mm)	Ket
12	47.40	4.00	78.462	4.51	24.78	80	OK
11	43.40	4.00	73.956	5.70	31.36	80	OK
10	39.40	4.00	68.2546	6.97	38.32	80	OK
9	35.40	4.00	61.2869	8.28	45.52	80	OK
8	31.40	4.00	53.0112	9.52	52.38	80	OK
7	27.40	4.30	43.4868	12.15	66.81	86	OK
6	23.10	4.30	31.3402	11.60	63.77	86	OK
5	18.80	4.30	19.745	8.45	46.47	86	OK
4	14.50	4.00	11.2965	5.62	30.94	80	OK
3	10.50	3.50	5.6718	2.95	16.22	70	OK
2	7.00	3.50	2.7232	2.34	12.87	70	OK
1	3.50	3.50	0.3831	0.38	2.11	70	OK

Tabel 24 Kontrol Simpangan Antar Lantai Sumbu Y Eksisting

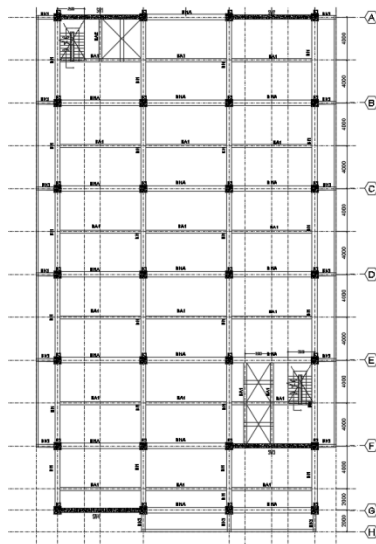
Evaluasi Simpangan Antar Lantai pada sumbu Y							
Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar Tingkat (m)	δ_e (mm)	δ_{xe} (mm)	δ_x (mm)	Δ ijin (mm)	Ket
12	47.40	4.00	81.3353	6.71	36.91	80	OK
11	43.40	4.00	74.6253	7.37	40.56	80	OK
10	39.40	4.00	67.2515	8.04	44.21	80	OK
9	35.40	4.00	59.2139	8.60	47.33	80	OK
8	31.40	4.00	50.6092	4.74	26.08	80	OK
7	27.40	4.30	45.867	10.01	55.04	86	OK
6	23.10	4.30	35.859	15.32	84.24	86	OK
5	18.80	4.30	20.543	7.88	43.33	86	OK
4	14.50	4.00	12.6641	4.26	23.43	80	OK
3	10.50	3.50	8.4032	3.97	21.84	70	OK
2	7.00	3.50	4.432	3.91	21.50	70	OK

Pada Kontrol simpangan antar lantai sumbu x dan y permodelan eksisting telah memenuhi persyaratan, namun untuk persyaratan periode belum memenuhi. Maka dari itu dilakukan perencanaan ulang gedung dengan menata ulang perletakan dinding geser agar dapat memenuhi.

5.2.3 Permodelan Struktur Sistem Ganda Modifikasi



Gambar 5. 19 Permodelan Modifikasi pada SAP



Gambar 5. 20 Denah Rencana Ulang Letak Dinding Geser

Faktor Skala untuk *Dual System*

Faktor skala gaya gempa diambil dari persamaan sebagai berikut:

➤ Untuk (Arah X) *Dual System*

$$\text{Faktor Pembebanan} = \frac{I_e}{R} \times g = \frac{1}{7} \times 9,8 = 1,4$$

➤ Untuk (Arah Y) SRPMK

$$\text{Faktor Pembebanan} = \frac{I_e}{R} \times g = \frac{1}{8} \times 9,8 = 1,225$$

Faktor beban tersebut adalah untuk arah gempa yang ditinjau, sedangkan arah yang tegak lurus dari peninjauan gempa tersebut akan dikenakan gempa sebesar 30% dari arah gempa yang ditinjau sehingga faktor skala gaya pada arah tegak lurus gempa yang ditinjau adalah:

➤ Untuk (Arah X) *Dual System*

$$\begin{aligned} \text{Faktor Pembebanan} &= 30\% \cdot \text{Arah X} \\ &= 0,3 \times 1,4 = 0,42 \end{aligned}$$

➤ Untuk (Arah Y) SRPMK

$$\begin{aligned} \text{Faktor Pembebanan} &= 30\% \cdot \text{Arah Y} \\ &= 0,3 \times 1,225 = 0,3675 \end{aligned}$$

a) Kontrol *Dual System*

Menurut SNI 1726-2012 pasal 7.5.2.1 bahwa SRPM momen harus memikul minimum 25% dari beban geser nominal total yang bekerja pada struktur bangunan.

Maka harus diperiksa presentase antara base shears yang dihasilkan oleh SRPM dan Shearwall dari masing-masing kombinasi pembebanan gempa. Caranya adalah dengan menjumlah reaksi perletakan SRPM dan reaksi perletakan shearwall untuk kombinasi pembebanan gempa, kemudian dibandingkan presentasenya. Berikut ini adalah hasil perhitungan perbandingan presentase antara SRPM dan shearwall:

Tabel 25 Besar Gaya Gempa yang ditumpu SRPM dan Shearwall pada Kombinasi Beban Gempa

No.	Kombinasi	Presentase dalam menahan gempa			
		Fx		Fy	
		SW	FRAME	SW	FRAME
1	Rsx	19336.281	8751.693	2008.7	8751.693
2	Rsy	6146.405	30172.97	6676.04	30172.97

Tabel 26 Presentase Struktur dalam Manahan Gaya Gempa

No.	Kombinasi	Presentase dalam menahan gempa			
		Fx		Fy	
		SW	FRAME	SW	FRAME
1	Rsx	61.80%	38.20%	18.67%	81.33%
2	Rsy	61.38%	38.62%	18.12%	81.88%

Dari hasil diatas,dapat disimpulkan bahwa presentase SRPM semua kombinasi pembebanan gempa nilainya lebih besar dari 25%,sehingga konfigurasi struktur gedung ini telah memenuhi syarat sebagai struktur dual sistem menurut SNI 1726-2012.

b) Kontrol Periode Fundamental Struktur

Dari hasil Analisa struktur menggunakan program SAP2000 diperoleh:

Tabel 27 Modal Load Participation Ratio

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	99.8656	89.102
MODAL	Acceleration	UY	99.6423	83.492
MODAL	Acceleration	UZ	75.8605	47.2391

Tabel 28 Periode Fundamental Struktur pada Modal dari SAP

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	2.099692	0.47626	2.9924	8.9547
MODAL	Mode	2	1.208493	0.82748	5.1992	27.032
MODAL	Mode	3	0.978197	1.0223	6.4232	41.258
MODAL	Mode	4	0.698015	1.4326	9.0015	81.027
MODAL	Mode	5	0.438711	2.2794	14.322	205.12
MODAL	Mode	6	0.418519	2.3894	15.013	225.39
MODAL	Mode	7	0.320819	3.117	19.585	383.57
MODAL	Mode	8	0.310358	3.2221	20.245	409.86
MODAL	Mode	9	0.283873	3.5227	22.134	489.9
MODAL	Mode	10	0.283615	3.5259	22.154	490.8
MODAL	Mode	11	0.283315	3.5296	22.177	491.84
MODAL	Mode	12	0.283128	3.532	22.192	492.49

- Menghitung Periode Fundamental Perkiraan
 Periode fundamental perkiraan dihitung dengan menentukan nilai C_t dan X terlebih dahulu, yaitu sebagai berikut:

Tabel 29 Nilai C_t dan X

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0.0724 ^a	0.8
Rangka beton pemikul momen	0.0466 ^a	0.9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0.0731 ^a	0.75
Rangka baja dengan bresing tertanam tertanam tertanam tertanam	0.0731 ^a	0.75
Semua sistem struktur lainnya	0.0488 ^a	0.75

$$T_{a_{shearwall}} = C_t \times h n^x = 0,0488 \times 47,4^{0,75} = 0,88 \text{ dtk}$$

$$T_{a_{SRPM}} = C_t \times h n^x = 0,0466 \times 47,4^{0,9} = 1,5017 \text{ dtk}$$

- Menghitung Batas Atas Periode Struktur
 Nilai periode struktur bangunan yang tidak boleh melebihi nilai batas atas periode struktur yang dihitung sebagai berikut:

Tabel 30 Nilai C_u

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Niali C_u adalah 1,4 karena S_{D1} ialah 0,36. $T_{batas\ atas}$ dapat diperoleh sebagai berikut:

$$C_u \times Ta_{shearwall} = 1,4 \times 0,88 = 1,234 \text{ dtk}$$

$$C_u \times Ta_{srpm} = 1,4 \times 1,5017 = 2,102 \text{ dtk}$$

Dari hasil analisis SAP2000 pada tabel diatas diperoleh nilai:

$$\text{MODE 1 } (T \text{ SAP}_{srpm}) = 2,09969$$

Perbandingan nilai untuk periode fundamental struktur sebagai berikut:

$$Ta_{min} \leq T_{sap} \leq T_{max}$$

$$1,5017 \leq 2,09969 \leq 2,102 \quad (\text{OK})$$

$$\text{MODE 2 } (T \text{ SAP}_{shearwall}) = 1,20849$$

Perbandingan nilai untuk periode fundamental struktur sebagai berikut:

$$Ta_{min} \leq T_{sap} \leq T_{max}$$

$$0,88 \leq 1,20849 \leq 1,234 \quad (\text{OK})$$

Tinjauan struktur Uncracked untuk periode struktur pada permodelan telah memenuhi kisaran periode struktur yang dihitung. Menurut SNI 1726-2012 pasal 7.9.4.1, bahwa periode fundamental struktur (T) yang digunakan:

- Jika $T_c > C_u \times T_a$,maka digunakan $T = C_u \times T_a$
- Jika $T_a < T_c < C_u \times T_a$,maka digunakan $T = T_c$
- Jika $T_c < T_a$,maka digunakan $T = T_a$

Keterangan:

T_c = Periode fundamental struktur yang diperoleh dari program Analisa struktur.

Maka dari hasil analisis struktur periode fundamental struktur yang digunakan adalah T_{sap} .

c) Kontrol Gaya Gempa Dasar Dinamis Struktur

Kontrol gaya dinamis struktur dihitung untuk melihat apakah gaya gempa yang diinput menggunakan respons spektrum sudah sesuai dengan yang disyaratkan oleh SNI 1726-2012.

Dari analisis modal ,diperoleh 1,21823 untuk arah X dan Y karena terdapat shearwall pada arah X dan Y. Sehingga penentuan koefisien C_s adalah sebagai berikut:

- Arah x *Dual System*

$$C_s = \frac{S_{Ds}}{\left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,63}{1} = 0,09$$

- Arah y SRPMK

$$C_s = \frac{S_{Ds}}{\left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,63}{8} = 0,07875$$

- Tetapi tidak perlu melebihi ($C_s \max$):

- Arah X *Dual System*

$$C_{s \max} = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I} \right)} = \frac{0,36}{2,09969 \cdot \frac{7}{1}} = 0,0425$$

Arah Y SRPMK

$$C_{s \max} = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I} \right)} = \frac{0,36}{1,209969 \cdot \frac{8}{1}} = 0,0214$$

- Harus tidak kurang dari ($C_s \min$):

$$C_s = 0,044 \times S_{Ds} \times I \geq 0,01$$

$$C_s = 0,044 \times 0,63 \times 1 \geq 0,01$$

$$C_s = 0,02772 \geq 0,01$$

Dari perhitungan nilai C_s di atas dapat direkapitulasi pada table dibawah ini:

	$C_s \min$	C_s	$C_s \max$	C_s pakai
Arah X	0.0277	0.078667	0.021432	0.027691
Arah Y	0.0277	0.089905	0.042556	0.042556

Berikut perhitungan gaya geser dasar dinamis struktur yang terjadi:

Uncracked:

Tabel 31 Berat Struktur didapatkan dari Base Reaction Fz

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	KN	KN	KN
1D+1L	Combinat	7.915E-10	1.052E-08	213457.41

$$V_{\text{statis X}} = C_s \times W_t = 0,042556 \times 213457,41 = 9083,906 \text{ kN}$$

$$V_{\text{statis Y}} = C_s \times W_t = 0,027691 \times 213457,41 = 5910,778 \text{ kN}$$

$$V_{\text{min X}} = 0,85 \times W_t = 0,85 \times 9083,906 \\ = 7721,3202 \text{ kN}$$

$$V_{\text{min Y}} = 0,85 \times W_t = 0,85 \times 5910,778 \\ = 5024,1613 \text{ kN}$$

Hasil analisis dinamis gaya geser gempa dari SAP2000 diperoleh sebesar:

Tabel 32 Base reaction dari Program SAP2000

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	KN	KN	KN
EX	LinRespSp	Max	8607.724	1925.562	50.951
EY	LinRespSp	Max	2583.311	6415.136	16.75

Ketentuan $V_{\text{baseshear}} > 0,85 V$ belum memenuhi sehingga diperlukan faktor pembesaran skala gaya gempa sebagai berikut:

$$\begin{aligned} - \text{Faktor Pembesaran arah X} &= \frac{7721,3202}{8607,724} = 0,89 \\ - \text{Faktor Pembesaran arah Y} &= \frac{5024,1613}{6415,136} = 0,78 \end{aligned}$$

Setelah diinputkan faktor pembesaran pada program bantu SAP2000, maka dapat diperoleh hasil base reaction sebagai berikut:

Tabel 33 base Reaction dari Program SAP2000 setelah dimasukkan Faktor Pembesaran

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	KN	KN	KN
EX	LinRespSp	Max	7721.294	1509.73	29.818
EY	LinRespSp	Max	2316.604	5024.151	12.164

Untuk arah X

$$= 7721,294 \text{ kN} > 7721,32 \text{ kN} \quad (\text{memenuhi})$$

Untuk arah Y

$$= 5024,151 \text{ kN} > 5024,161 \text{ kN} \quad (\text{memenuhi})$$

d) Kontrol Simpangan Antar Lantai

Dari nilai perpindahan elastis (δ_{ei}) yang diperoleh dari SAP, maka dapat dilakukan perhitungan kontrol simpangan antar lantai pada arah X dan arah Y.

Tabel 34 Kontrol Simpangan Antar Lantai pada Sumpu X

Gempa X							
U1	=	100%					
Evaluasi Simpangan Antar Lantai pada sumbu X							
Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar Tingkat (m)	δ_e (mm)	δ_{se} (mm)	δ_x (mm)	Δ ijin (mm)	Ket
12	47.40	4.00	36.0671	2.45	13.49	80	OK
11	43.40	4.00	33.614	3.04	16.74	80	OK
10	39.40	4.00	30.5709	3.44	18.91	80	OK
9	35.40	4.00	27.1321	3.71	20.38	80	OK
8	31.40	4.00	23.4268	3.80	20.88	80	OK
7	27.40	4.30	19.6307	4.20	23.12	86	OK
6	23.10	4.30	15.4269	4.25	23.40	86	OK
5	18.80	4.30	11.1721	3.89	21.40	86	OK
4	14.50	4.00	7.2809	0.64	3.50	80	OK
3	10.50	3.50	6.6441	4.04	22.23	70	OK
2	7.00	3.50	2.603	1.68	9.22	70	OK
1	3.50	3.50	0.9274	0.93	5.10	70	OK

Tabel 35 Kontrol Simpangan Antar Lantai pada Sumbu Y

Gempa Y							
U2	=	100%					
Evaluasi Simpangan Antar Lantai pada sumbu Y							
Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar Tingkat (m)	δ_e (mm)	δ_{xe} (mm)	δ_x (mm)	Δ ijin (mm)	Ket
12	47.40	4.00	12.539	1.03	5.68	80	OK
11	43.40	4.00	11.506	1.22	6.70	80	OK
10	39.40	4.00	10.2886	1.26	6.93	80	OK
9	35.40	4.00	9.0293	1.28	7.04	80	OK
8	31.40	4.00	7.75	1.28	7.03	80	OK
7	27.40	4.30	6.4723	1.39	7.65	86	OK
6	23.10	4.30	5.0822	1.35	7.43	86	OK
5	18.80	4.30	3.7318	1.25	6.88	86	OK
4	14.50	4.00	2.4814	0.96	5.26	80	OK
3	10.50	3.50	1.5247	0.69	3.82	70	OK
2	7.00	3.50	0.8301	0.55	3.02	70	OK
1	3.50	3.50	0.2815	0.28	1.55	70	OK

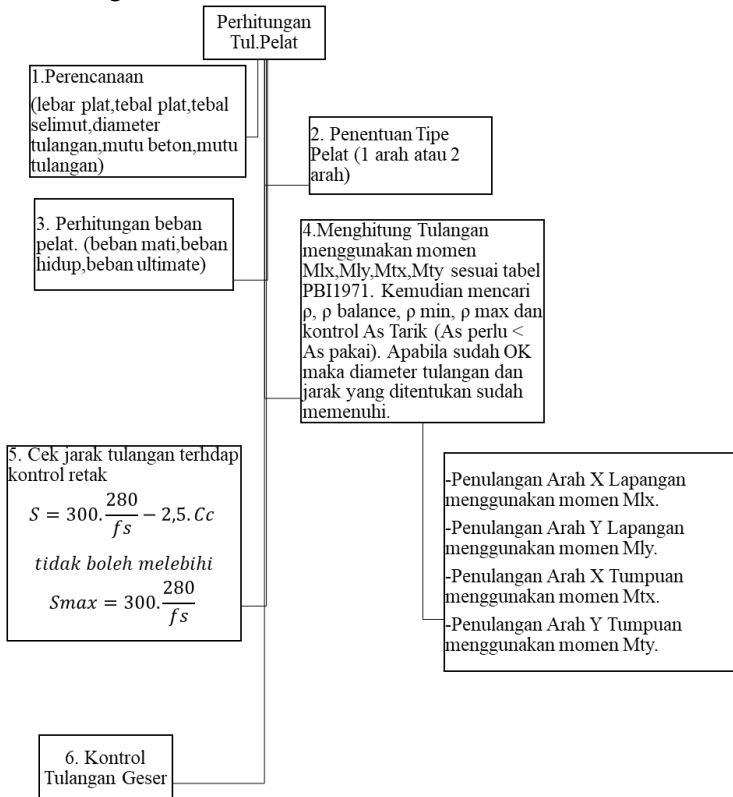
Karena simpangan antar lantai tingkat desain (δ_x) kurang dari simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ ijin), maka kontrol simpangan antar lantai “*memenuhi*”.

BAB VI

ANALISIS STRUKTUR SEKUNDER DAN STRUKTUR PRIMER

6.1 Perhitungan Struktur Sekunder

6.1.1 Perhitungan Struktur Pelat Lantai



6.1.1.1. Pembebanan Struktur Pelat Lantai

Struktur pelat lantai yang dihitung pada bab ini merupakan pelat yang dikelilingi oleh balok. Pelat ini digunakan pada lantai dasar hingga lantai 4.

1) Beban mati pelat ditinjau :

(sesuai ASCE-2002 Table C3-1):

Pelat Lantai tebal (15cm)

$$= (0.023 \times 150\text{mm}) + 0.07 = 2,83 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Ducting Mekanikal} = 0,19 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat keramik dan spesi} = 1,1 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat Plafond} = 0.05 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat Penggantung} = 0.10 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Total beban mati pelat} = 4,27 \text{ kN/m}^2$$

2) Beban hidup yang ditinjau adalah beban hidup terbesar:

$$\text{Beban hidup lantai} = 4,79 \text{ kN/m}^2$$

3) Beban ultimate rencana:

$$q_{ultimate} = 1,2 q_d + 1,6 q_L$$

$$q_{ultimate} = 1,2 (4,27 \text{ kN/m}^2 + 1,6 (4,79 \text{ kN/m}^2))$$

$$q_{ultimate} = 12,79 \text{ kN/m}^2$$

Beban ultimate pelat per 1m:

$$W_{ultimate} = q_{ultimate} \times 1\text{m}$$

$$W_{ultimate} = 12,79 \text{ kN/m}^2 \times 1 = 12,799 \text{ kN/m}$$

6.1.1.2. Data Perencanaan Pelat Lantai



Gambar 6. 1 Pelat Tipe 1

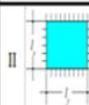
Nama Pelat	: P1
Ly	:8m
Lx	:4m
Mutu Beton (fc')	:35 Mpa
Mutu tulangan (fy)	:400 Mpa
Tebal Plat	:0,15m
Diameter tul. :	10mm
Tebal Selimut:	:20mm
β_1	:0,8
\emptyset	:0,8

Penentuan Tipe Pelat:

$$\frac{I_y}{I_x} = \frac{7,53}{3,525} = 2,136 > 2, \text{ maka pelat 1 arah}$$

6.1.1.3. Perhitungan Penulangan Pelat lantai

Dalam menghitung pelat lantai, momen yang terjadi pada pelat akan diambil dari tabel koefisien momen pada PBI 1971. Untuk tipe pelat P1 didapatkan momen-momen sebagai berikut:

Tipe Pelat	Momen	ly / lx																	
		1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	>2.5	
	$M_{lx} = +0.001 q l_x^4 X$	21	25	28	31	34	36	37	38	40	40	41	41	41	42	42	42	42	
	$M_{ly} = +0.001 q l_y^4 X$	21	21	20	19	18	17	16	14	13	12	12	11	11	11	10	10	8	
	$M_{tx} = +0.001 q l_x^4 X$	52	59	64	69	73	76	79	81	82	83	83	83	83	83	83	83	83	
	$M_{ty} = +0.001 q l_y^4 X$	52	54	56	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	

Gambar 6. 2 Tabel Koefisien Momen dari PBI 1971

$$M_{lx} = 652,05 \text{ kg.m/m}$$

$$M_{ly} = 174,94 \text{ kg.m/m}$$

$$M_{tx} = 1320 \text{ kg.m/m}$$

$$M_{ty} = 906,5 \text{ kg.m/m}$$

- Penulangan arah X (lapangan)

$$M_{lx} = 652,05 \text{ kgm/m}$$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{652,05 \text{ kg.m/m}}{0,8} = 815.06 \text{ kg.m/m} =$$

$$8150575 \text{ N.mm/m}$$

$$dx = h - Ts - \left(\frac{dia}{2}\right) = 150 - 20 - 5 = 125 \text{ mm}$$

$$dy = h - Ts - dia - \left(\frac{dia}{2}\right) = 150 - 20 - 10 - 5 = 115 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{8150575}{1000 \cdot 125^2} = 0,52$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,4$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,4 \cdot 0,52}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0013$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,04$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{balance} = 0,75 \times 0,04 = 0,027$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,004$$

Karena $\rho < \rho_{min}$ maka ρ dinaikkan sebesar 30% :

Sesuai SNI 2847-2013 pasal 10.5.3 bahwa alternative untuk komponen struktur besar dan massif, luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

$$1,3 \times \rho = 1,3 \times 0,0013 = 0,002$$

Karena $\rho + 30\% \rho < \rho_{min}$,maka digunakan $\rho = 0,004$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$A_s (\text{Tarik}) = \rho \cdot b \cdot d = 0,004 \cdot 1000 \cdot 125 = 437,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Syarat jarak tulangan max} = 2 \times T_s = 2 \times 150 = 300 \text{ mm}$$

Jadi, Tulangan yang digunakan adalah D10-100

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times \frac{1000}{100} = 785,7 \text{ mm}^2$$

Kontrol A_s (Tarik):

$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pakai}$

$$437,5 < 785,7 \quad \text{OK}$$

- Penulangan arah Y (lapangan)

$$M_{ly} = 174,94 \text{ kgm/m}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{174,94 \text{ kg} \cdot \frac{m}{m}}{0,8} = 218,67 \text{ kg} \cdot \frac{m}{m}$$

$$Mn = 21867373,5 \text{ N} \cdot \text{mm/m}$$

$$dx = h - Ts - \left(\frac{dia}{2}\right) = 150 - 20 - 5 = 125 \text{ mm}$$

$$dy = h - Ts - dia - \left(\frac{dia}{2}\right) = 150 - 20 - 10 - 5 \\ = 115 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{21867373,5}{1000 \cdot 115^2} = 0,17$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,4$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,4 \cdot 0,17}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0004$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot fc'}{fy} \times \frac{600}{600 + fy}$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,04$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{balance} = 0,75 \times 0,04$$

$$\rho_{max} = 0,027$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400} = 0,004$$

Karena $\rho < \rho_{min}$ maka ρ dinaikkan sebesar 30% :

Sesuai SNI 2847-2013 pasal 10.5.3 bahwa alternative untuk komponen struktur besar dan massif, luas tulangan

yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

$$1,3 \times \rho = 1,3 \times 0,0004 = 0,0005$$

Karena $\rho + 30\% \rho < \rho_{\min}$, maka digunakan $\rho = 0,004$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$A_s (\text{Tarik}) = \rho \cdot b \cdot d = 0,004 \cdot 1000 \cdot 115 = 402,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Syarat jarak tulangan max} = 2 \times T_s = 2 \times 150 = 300 \text{ mm}$$

Jadi, Tulangan yang digunakan adalah D10-100

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times \frac{1000}{100} = 785,7 \text{ mm}^2$$

Kontrol A_s (Tarik):

$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pakai}$

$$402,5 < 785,7 \quad \text{OK}$$

- Penulangan arah X (tumpuan)

$$M_{tx} = 1320 \text{ kgm/m}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1320 \text{ kg.m/m}}{0,8} = 1649,99 \text{ kg.m/m} = 16499938 \text{ N.mm/m}$$

$$dx = h - T_s - \left(\frac{dia}{2}\right) = 150 - 20 - 5 = 125 \text{ mm}$$

$$dy = h - T_s - dia - \left(\frac{dia}{2}\right) = 150 - 20 - 10 - 5 = 115 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{16499938}{1000 \cdot 125^2} = 1,06$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,4$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,4 \cdot 1,06}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0027$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,04$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{balance} = 0,75 \times 0,04 = 0,027$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,004$$

Karena $\rho < \rho_{min}$ maka ρ dinaikkan sebesar 30% :

$$1,3 \times \rho = 1,3 \times 0,0027 = 0,0035$$

Karena $\rho + 30\% \rho < \rho_{min}$, maka digunakan $\rho = 0,004$

$$A_s (\text{Tarik}) = \rho \cdot b \cdot d$$

$$A_s (\text{Tarik}) = 0,004 \cdot 1000 \cdot 125 = 500 \text{ mm}^2$$

$$\delta = 0,2$$

$$A_s' = 500 \times 0,2 = 100$$

$$A_s' = 0,0018 \times 1000 \times 150 \times \frac{400}{400} = 270 \text{ mm}^2$$

(dipilih yang paling besar yaitu 270 mm^2)

$$\text{Syarat jarak tulangan max} = 2 \times T_s = 2 \times 150 = 300 \text{ mm}$$

Jadi, Tulangan yang digunakan adalah D10-100 untuk tul.

Tarik dan tekan.

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times \frac{1000}{100}$$

$$A_s \text{ tulangan} = 785,7 \text{ mm}^2$$

Kontrol A_s (Tarik):

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pakai}$$

$$500 < 785,7 \quad \text{OK}$$

Kontrol A_s' (Tekan):

$$A_s' \text{ perlu} < A_s' \text{ pakai}$$

$$270 < 523,8 \quad \text{OK}$$

- Penulangan arah Y (tumpuan)

$$M_{ty} = 906,5 \text{ kgm/m}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{906,5 \text{ kg.m/m}}{0,8} = 1133,13 \text{ kg.m/m} =$$

$$11331288 \text{ N.mm/m}$$

$$dx = h - T_s - \left(\frac{dia}{2}\right) = 150 - 20 - 5 = 125 \text{ mm}$$

$$dy = h - T_s - dia - \left(\frac{dia}{2}\right) = 150 - 20 - 10 - 5 \\ = 115 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{11331288}{1000 \cdot 115^2} = 0,86$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,4$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,4 \cdot 0,86}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0022$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,04$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{balance} = 0,75 \times 0,04 = 0,027$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,004$$

Karena $\rho < \rho_{min}$ maka ρ dinaikkan sebesar 30% :

Sesuai SNI 2847-2013 pasal 10.5.3 bahwa alternative untuk komponen struktur besar dan massif, luas tulangan

yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

$$1,3 \times \rho = 1,3 \times 0,0022 = 0,0028$$

Karena $\rho + 30\% \rho < \rho_{\min}$, maka digunakan $\rho = 0,004$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$As (\text{Tarik}) = \rho \cdot b \cdot d = 0,004 \cdot 1000 \cdot 85 = 574,97 \text{ mm}^2$$

Tulangan susut/bagi (SNI 2847-2013 pasal 7.12.2.1)

$$\delta = 0,2$$

$$As' (\text{tul. susut}) = 574,97 \times 0,2 = 114,99$$

$$As' (\text{tu. susut}) = 0,0018 \times 1000 \times 150 \times \frac{400}{400} =$$

$$270 \text{ mm}^2$$

(dipilih yang paling besar yaitu 270 mm^2)

$$\text{Syarat jarak tulangan max} = 2 \times Ts = 2 \times 150 = 300 \text{ mm}$$

Jadi, Tulangan yang digunakan adalah D10-100 untuk tul.

Tarik dan tekan.

$$As \text{ tulangan} = 0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times \frac{1000}{100} = 785,7 \text{ mm}^2$$

Kontrol As (Tarik):

As perlu < As pakai

$$574,97 < 785,7 \quad \text{OK}$$

Kontrol As' (Tekan):

As' perlu < As pakai

$$270 < 785,7 \quad \text{OK}$$

- Cek jarak tulangan terhadap control retak
Pengecekan jarak tulangan terhadap control retak dilakukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.6.4
Syarat:

$$S = 300 \cdot \frac{280}{f_s} - 2,5 \cdot Cc \text{ tidak boleh melebihi}$$

$$S_{\max} = 300 \cdot \frac{280}{f_s}$$

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} 400 = 267 \text{ Mpa}$$

Dengan C_c merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka Tarik, sehingga $C_c = T_s = 20 \text{ mm}$

Sehingga:

$$S = 300 \cdot \frac{280}{267} - 2,5 \cdot 20 = 265 \text{ mm}$$

$$S_{max} = 300 \cdot \frac{280}{267} = 315 \text{ mm}$$

Jarak antar tulangan dipakai:

$$\begin{array}{ll} S_{pakai} < & S_{max} \\ 100 \text{ mm} & < & 315 \text{ mm OK} \end{array}$$

- Kontrol Penulangan Geser Arah X

- Kontrol geser dua arah (pons) pada jarak $d/2$ dari muka kolom, $d = 95 \text{ mm}$.

Apabila lebar kolom = 850 mm , maka:

$$b_o = 4 \times (850 \text{ mm} + 125 \text{ mm}) = 3900 \text{ mm}$$

$$V_u = (l_y \cdot l_x - (b \text{ kolom} + d^2) \cdot q_u$$

$$V_u = (7,4 \cdot 3,525 - (0,85 + 0,125)^2) \cdot 12,79$$

$$V_u = 321,47 \text{ kN}$$

Nilai V_c ditentukan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.11.2.1

$$V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \quad (\text{dimana } \lambda = 1 \text{ untuk beton normal berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 8.6.1})$$

$$V_c = 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 3900 \text{ mm} \cdot 125 \text{ mm} = 951,749 \text{ kN}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \times 951,749 = 713,81 \text{ kN}$$

$$V_u < \phi \cdot V_c \text{ (memenuhi)}$$

- Kontrol geser satu arah pada jarak d dari muka kolom

$$x = \frac{3525 \text{ mm}}{2} - \frac{850 \text{ mm}}{2} - 12 \text{ mm} = 1212,5 \text{ mm}$$

$$= 1,2125 \text{ m}$$

$$V_u = q_u \cdot b \cdot x = 12,79 \cdot 1 \cdot 1,2125 = 15,51 \text{ kN}$$

Nilai V_c ditentukan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.11.2.1

$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$ (dimana $\lambda = 1$ untuk beton normal berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 8.6.1)

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 1000mm \cdot 125mm = 125716,69 N$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \times 125716,69 N = 94287,52 N$$

$$= 94,287 kN$$

$$V_u < \phi \cdot V_c \text{ (memenuhi)}$$

- Kontrol Penulangan Geser Arah Y

- Kontrol geser dua arah (pons) pada jarak $d/2$ dari muka kolom, $d=85mm$.

Apabila lebar kolom=850mm, maka:

$$b_o = 4 \times (850mm + 115mm) = 3860mm$$

$$V_u = (l_y \cdot l_x - (b \text{ kolom} + d^2)) \cdot q_u$$

$$V_u = (7,4 \cdot 3,525 - (0,85 + 0,115^2)) \cdot 12,79$$

$$V_u = 321,717 kN$$

Nilai V_c ditentukan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.11.2.1

$V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$ (dimana $\lambda = 1$ untuk beton normal berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 8.6.1)

$$V_c = 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 3860mm \cdot 115mm = 866,629 kN$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \times 866,629 = 649,97 kN$$

$$V_u < \phi \cdot V_c \text{ (memenuhi)}$$

- Kontrol geser satu arah pada jarak d dari muka kolom

$$y = \frac{7400mm}{2} - \frac{850mm}{2} - 115mm = 3160mm$$

$$= 3,16m$$

$$V_u = q_u \cdot b \cdot x = 12,79 \cdot 1 \cdot 3,16 = 40,42 kN$$

Nilai V_c ditentukan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.11.2.1

$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d$ (dimana $\lambda = 1$ untuk beton normal berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 8.6.1)

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 1000mm \cdot 115mm = 115659,36 N$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \times 115659,36 N = 86744,52 N$$

$$= 86,744 kN$$

$V_u < \phi \cdot V_c$ (memenuhi)

Tabel 36 Hasil Perhitungan Kebutuhan Tulangan P1

	Arah Lx		Arah Ly	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Tebal Pelat (mm)	150	150	150	150
Mu (kNm)	13,2	6,5205	9,065	1,7494
d (mm)	125	125	115	115
ρ_{min}	0,004	0,004	0,004	0,004
ρ	0,0013	0,0004	0,0027	0,002
ρ_{pakai}	0,004	0,004	0,0062	0,0054
As perlu (mm^2)	459,5	513,18	351	297,5
As pakai (mm^2)	523,8	523,8	523,8	523,8
Tulangan Pakai	D10-100	D10-100	D10-100	D10-100
Cek jarak tul. (<240mm)	OK	OK	OK	OK

Cek retak ($< 315\text{mm}$)	OK	OK	OK	OK
Cek geser ($Vu < \phi \cdot Vc$)	OK	OK	OK	OK

6.1.2 Perhitungan Struktur Tangga

Struktur tangga meliputi pelat tangga, pelat bordes, dan balok bordes. Berikut ini akan dijelaskan tahap perhitungannya melalui diagram alir. Dan sebagai contoh perhitungan, akan meninjau tangga yang menghubungkan lantai 4 dengan lantai 5.

6.1.2.1. Desain Struktur Pelat Tangga dan Pelat Bordes

Data Perencanaan:

Tebal pelat tangga : 150mm

Tebal pelat bordes : 150mm

Lebar injakan : 28cm

Tinggi injakan : 18cm

Mutu Beton : 35 Mpa

Mutu baja (f_y) : 400 Mpa

β_1 : 0,8

(SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.3)

b : 1000mm

h : 150mm

ρ_{susut} : 0,0018 (SNI 2847-2013
pasal 7.12.2.1)

$D_{tul\ lentur}$: 13mm = 0,013 m

$D_{tul\ susut}$: 10mm = 0,01 m

$decking\ (Ts)$: 20mm = 0,02 m

6.1.2.2. Pembebanan Struktur Tangga

Pembebanan Tangga

- Beban Pelat Anak Tangga

Beban mati sesuai (ASCE7-2002 Table C3-1):

$$\text{Berat pelat (tebal 15 cm)} = 0,023 \times 150 = 3,45 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat anak tangga} = 0,074 \text{ m} \times 23,6 \text{ kN/m}^3 = 1,746 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat keramik dan spesi} = 1,1 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Total beban mati pelat} = 6,296 \text{ kN/m}^2$$

- Beban Hidup Pelat dan Bordes Tangga sesuai (SNI 1727-2013, pasal 4.5.4):

$$\text{Beban hidup} = 1,33 \text{ kN} = 133 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah anak tangga} = 12 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{Total beban hidup} &= 133 \text{ kg} \times 12 \text{ buah} \\ &= 1596 \text{ kg} = 15,96 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Area tangga rencana} &= \text{lebar tangga} \times \text{panjang tangga} = \\ &= 1,05 \text{ m} \times 3,64 \text{ m} = 3,528 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Beban merata pada anak tangga dan bordes:

$$\frac{15,96 \text{ kN}}{3,528 \text{ m}^2} = 4,524 \text{ kN/m}^2$$

- Beban ultimate rencana

$$q_{ultimate} = 1,2q_D + 1,6q_L$$

$$q_{ultimate} = 1,2(6,296) + 1,6(4,524)$$

$$q_{ultimate} = 14,79 \text{ kN/m}^2$$

- Beban Pelat Bordes

Beban mati sesuai (ASCE7-2002 Table C3-1):

$$\text{Berat pelat (tebal 15 cm)} = 0,023 \times 150 = 3,45 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat keramik dan spesi} = 1,1 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Total beban mati pelat} = 4,55 \text{ kN/m}^2$$

- Beban Hidup Pelat dan Bordes Tangga sesuai (SNI 1727-2013,pasal 4.5.4):

$$\text{Beban hidup} = 1,33 \text{ kN} = 133 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah anak tangga} = 12 \text{ buah}$$

$$\text{Total beban hidup} = 133\text{kg} \times 12 \text{ buah} = 1596\text{kg} = 15,96 \text{ kN}$$

$$\text{Area tangga rencana} = \text{lebar tangga} \times \text{panjang tangga} = 1,05\text{m} \times 3,64\text{m} = 3.528 \text{ m}^2$$

Beban merata pada anak tangga dan bordes:

$$\frac{15,96 \text{ kN}}{3,528 \text{ m}^2} = 4,524 \text{ kN/m}^2$$

- Beban ultimate rencana

$$q_{ultimate} = 1,2q_D + 1,6q_L$$

$$q_{ultimate} = 1,2(4,55) + 1,6(4,524)$$

$$q_{ultimate} = 12,698 \text{ kN/m}^2$$

6.1.2.3. Analisis Struktur Tangga

Permodelan struktur tangga menggunakan program bantu SAP2000 sebagai berikut:



Gambar 6. 3 Permodelan Tangga menggunakan SAP2000

Dari Analisa struktur menggunakan SAP2000 ,didapatkan gaya-gaya dalam yang terjadi adalah sebagai berikut:

Pelat Tangga :

$$M_u = 2473,82 \text{ Kg.m}$$

$$V_u = 2536,95 \text{ Kg}$$

Pelat Bordes:

$$Mu = 3347,08 \text{ Kg.m}$$

$$Vu = 833,31 \text{ Kg}$$

6.1.2.4. Perhitungan Penulangan Pelat Tangga

$$\beta = \frac{Ln}{Sn} = \frac{3,36m}{1,05m} = 3,22 > 2 \text{ (Pelat 1 arah)}$$

$$dx = h - Ts - \frac{1}{2}\theta$$

$$dx = 150mm - 20mm - 6,5 = 123,5mm$$

$$dy = h - Ts - \theta - \frac{1}{2}\theta$$

$$dy = 150mm - 20mm - 13mm - 6,5mm$$

$$dy = 110,5mm$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{24738150 \text{ N.mm}}{0,8}$$

$$Mn = 30922688 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{30922688}{1000 \cdot 123,5^2} = 2,03$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,4$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,4 \cdot 2,03}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,005$$

$$\rho \text{ balance} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot fc'}{fy} \times \frac{600}{600 + fy}$$

$$\rho \text{ balance} = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,04$$

$$\rho \text{ max} = 0,75 \times \rho \text{ balance} = 0,75 \times 0,04$$

$$\rho_{max} = 0,027$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,004$$

Syarat:

$$\begin{array}{lll} \rho_{min} < & \rho_{perlu} < & \rho_{max} \\ 0,004 < & 0,005 < & 0,027 \end{array}$$

Maka ρ memakai $\rho_{perlu} = 0,005$

$$As_{perlu} = \rho \times b \times d = 0,005 \times 1000 \times 123,5 = 648,9 mm^2$$

Jadi, tulangan yang digunakan : $\emptyset 13 - 200$

$$As_{pakai} = \frac{0,25 \cdot 3,14 \cdot \emptyset^2 \cdot b}{s} = 663,66 mm^2$$

$$\begin{array}{ll} As_{pakai} > & As_{perlu} \\ 663,66 mm^2 > 648,9 mm^2 & OK \end{array}$$

Cek jarak tulangan terhadap control retak:

Pengecekan jarak tulangan terhadap control retak dilakukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.6.4

Syarat:

$$S = 300 \cdot \frac{280}{f_s} - 2,5 \cdot C_c \text{ tidak boleh melebihi}$$

$$S_{max} = 300 \cdot \frac{280}{f_s}$$

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} 400 = 267 \text{ Mpa}$$

Dengan C_c merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka Tarik, sehingga $C_c = T_s = 20 mm$

Sehingga:

$$S = 300 \cdot \frac{280}{267} - 2,5 \cdot 20 = 265 mm$$

$$S_{max} = 300 \cdot \frac{280}{267} = 315 mm$$

Jarak antar tulangan dipakai:

$$\begin{array}{lll} \text{Spakai} & < & S_{\max} \\ 200 \text{ mm} & < & 315 \text{ mm OK} \end{array}$$

Kontrol Momen aktual:

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot w} = \frac{663,66 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 1000} = 8,9$$

$$M_n = \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_n = 13 \cdot 663,66 \cdot 400 \cdot \left(123,5 - \frac{8,9}{2}\right)$$

$$M_n = 25280385 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$M_n > M_u$$

$$25280385 \text{ N} \cdot \text{mm} > 24738150 \text{ N} \cdot \text{mm OK}$$

Tulangan Susut/Bagi (SNI 2847-2013 pasal 7.12.2.1)

$$A_s' = 0,2 \times A_s \text{ perlu} = 0,2 \times 648,8 = 129,8 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 0,0018 \cdot b \cdot h \cdot \left(\frac{400}{f_y}\right) =$$

$$0,0018 \cdot 1000 \cdot 150 \cdot \left(\frac{400}{400}\right) = 270 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang paling besar $A_s' = 270 \text{ mm}^2$

Jadi, tulangan yang digunakan $\phi 10 - 200$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{0,25 \cdot 3,14 \cdot \phi^2 \cdot b}{s} = 393 \text{ mm}^2$$

$$\begin{array}{lll} A_s \text{ pakai} & > & A_s \text{ perlu} \\ 393 \text{ mm}^2 & > & 270 \text{ mm}^2 \quad \text{OK} \end{array}$$

Tulangan Geser

$$V_u = 2536,95 \text{ N}$$

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot w \cdot d$$

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 1000 \cdot 123,5 = 124208 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 124208 = 93156,071 \text{ N}$$

$$0,5 \cdot \phi V_c = 0,5 \cdot 0,75 \cdot 124208 = 46578,04 \text{ N}$$

Karena V_u tidak lebih besar dari $0,5 \cdot \phi V_c$, maka tidak diperlukan tulangan geser. (SNI 2847-2013 pasal 11.4.6.1)

6.1.2.5. Perhitungan Penulangan Pelat Bordes

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{2,25m}{1,25m} = 2 > 2 \text{ (Pelat 1 arah)}$$

$$dx = h - T_s - \frac{1}{2}\theta$$

$$dx = 150mm - 20mm - 6,5 = 123,5mm$$

$$dy = h - T_s - \theta - \frac{1}{2}\theta$$

$$dy = 150mm - 20mm - 13mm - 6,5mm$$

$$dy = 110,5mm$$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{33470800 \text{ N.mm}}{0,8}$$

$$M_n = 41838500 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{41838500}{1000 \cdot 123,5^2} = 2,74$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,4$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,4 \cdot 2,74}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,007$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,04$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{balance} = 0,75 \times 0,04 = 0,027$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,004$$

Syarat:

$$\begin{array}{ccc} \rho_{min} < & \rho_{perlu} < & \rho_{max} \\ 0,004 < & 0,007 < & 0,027 \end{array}$$

Maka ρ memakai $\rho_{perlu} = 0,007$

$$\text{As perlu} = \rho \times b \times d = 0,007 \times 1000 \times 123,5 = 890,1 \text{ mm}^2$$

Jadi, tulangan yang digunakan : $\emptyset 13 - 100$

$$\text{As pakai} = \frac{0,25 \cdot 3,14 \cdot \emptyset^2 \cdot b}{s} = 1327,32 \text{ mm}^2$$

$$\begin{array}{ccc} \text{As pakai} & > & \text{As perlu} \\ 1327,32 \text{ mm}^2 & > & 890,1 \text{ mm}^2 \quad \text{OK} \end{array}$$

Cek jarak tulangan terhadap control retak:

Pengecekan jarak tulangan terhadap control retak dilakukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.6.4

Syarat:

$$S = 300 \cdot \frac{280}{f_s} - 2,5 \cdot C_c \text{ tidak boleh melebihi}$$

$$S_{max} = 300 \cdot \frac{280}{f_s}$$

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} 400 = 267 \text{ Mpa}$$

Dengan C_c merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka Tarik, sehingga $C_c = T_s = 20 \text{ mm}$

Sehingga:

$$S = 300 \cdot \frac{280}{267} - 2,5 \cdot 20 = 265 \text{ mm}$$

$$S_{max} = 300 \cdot \frac{280}{267} = 315 \text{ mm}$$

Jarak antar tulangan dipakai:

$$\begin{array}{ccc} \text{Spakai} & < & S_{max} \\ 100 \text{ mm} & < & 315 \text{ mm OK} \end{array}$$

Kontrol Momen aktual:

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot w} = \frac{890,1 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 1000} = 17,8$$

$$\begin{aligned} M_n &= \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 13.890,1 \cdot 400 \cdot \left(123,5 - \frac{17,8}{2}\right) \end{aligned}$$

$$M_n = 48665740 \text{ N.mm}$$

$$M_n > M_u$$

$$48665740 \text{ N.mm} > 33470800 \text{ N.mm OK}$$

Tulangan Susut/Bagi (SNI 2847-2013 pasal 7.12.2.1)

$$A_s' = 0,2 \times A_s \text{ perlu} = 0,2 \times 890,1 = 178,01 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 0,0018 \cdot b \cdot h \cdot \left(\frac{400}{f_y}\right) = 0,0018 \cdot 1000 \cdot 150 \cdot \left(\frac{400}{400}\right) = 270 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang paling besar $A_s' = 270 \text{ mm}^2$

Jadi, tulangan yang digunakan $\phi 10 - 200$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{0,25 \cdot 3,14 \cdot \phi^2 \cdot b}{s} = 393 \text{ mm}^2$$

$$\begin{array}{ccc} A_s \text{ pakai} & > & A_s \text{ perlu} \\ 393 \text{ mm}^2 & > & 270 \text{ mm}^2 \quad \text{OK} \end{array}$$

Tulangan Geser

$$V_u = 8333,1 \text{ N}$$

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot w \cdot d$$

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 1000 \cdot 123,5 = 124208 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 124208 = 93156.071 \text{ N}$$

$$0,5 \cdot \phi V_c = 0,5 \cdot 0,75 \cdot 124208 = 46578.04 \text{ N}$$

Karena V_u tidak lebih besar dari $0,5 \cdot \phi V_c$, maka tidak diperlukan tulangan geser. (SNI 2847-2013 pasal 11.4.6.1)

Tabel 37 Hasil Perhitungan Kebutuhan Tulangan Pelat Tangga dan Bordes

	Arah Lx	
	Tangga	Bordes
Tebal Pelat (mm)	150	150
Mu (kNm)	24,73	33,47
d (mm)	123,5	123,5
ρ_{min}	0,003	0,004
ρ	0,005	0,0072
ρ_{pakai}	0,05	0,0072
As perlu (mm^2)	648,9	890,1
As pakai (mm^2)	663,66	1327,32
Tulangan Pakai	D13-200	D13-100
Cek jarak tul. (Spasang < Smax)	OK	OK
Kontrol Momen Aktual ($M_n > M_u$)	OK	OK
Tul. Susut/Bagi	D10-200	D10-200
Cek geser ($V_u < \phi \cdot V_c$)	OK	OK

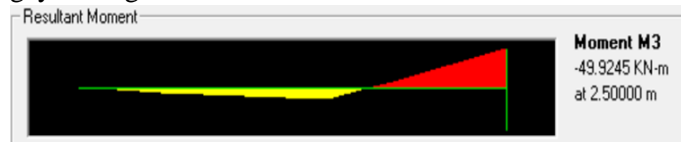
6.1.3 Perhitungan Balok Penggantung Lift

a. Data Perencanaan

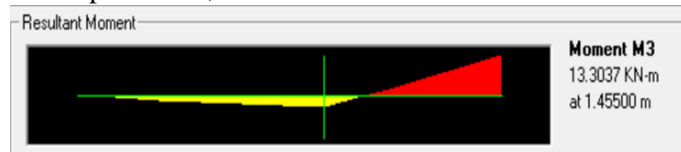
Bentang L	= 2500mm
Dimensi	=350 x 450 mm
Cover	=40mm
Mutu Beton	=35 Mpa
Kuat leleh T.Lentur	=400 Mpa
Kuat Leleh T. Geser	=240 Mpa
Tul. Lentur	=D19
Tul. Geser	=D10

$$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{35 - 28}{7} \right) \cdot 0,05 = 0,8$$

Dari hasil perhitungan pembebanan pada program bantu SAP2000 dengan kombinasi 1,2D+1,6L didapatkan gaya-gaya sebagai berikut:



M tumpuan= 49,9245 kNm



M lapangan= 13,3037 kNm



Vu =62,83 kN



$$T_u = 0,7787 \text{ kNm}$$

b. Perhitungan Tulangan Tumpuan

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{49,9245 \text{ kNm}}{0,8} = 62405625 \text{ N.mm/m}$$

$$d = h - T_s - dia - \text{senggang} - \left(\frac{dia}{2}\right)$$

$$d = 450 - 40 - 10 - 9,5 = 391 \text{ mm}$$

$$b = 350 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{62405625}{350 \cdot 391^2} = 1,17$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,4$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,4 \cdot 1,17}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,003$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,04$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,75 \times 0,04 = 0,027$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,004$$

Karena $\rho < \rho_{\text{min}}$ maka ρ dinaikkan sebesar 30% :

Sesuai SNI 2847-2013 pasal 10.5.3 bahwa alternative untuk komponen struktur besar dan massif, luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

$$1,3 \times \rho = 1,3 \times 0,003 = 0,004$$

Karena $\rho + 30\% \rho > \rho_{\min}$, maka digunakan $\rho = 0,004$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$A_s (\text{Tarik}) = \rho \cdot b \cdot d = 0,004 \cdot 350 \cdot 391 = 937,71 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 4 D19 ($A_s \text{ pakai} = 1134 \text{ mm}^2$)

Kontrol

$$\begin{array}{rcl} A_s \text{ perlu} & < & A_s \text{ pakai} \\ 937,71 \text{ mm}^2 & < & 1134 \text{ mm}^2 \quad \text{OK} \end{array}$$

c. Perhitungan Tulangan Lapangan

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{13,3037 \text{ kNm}}{0,8} = 16629625 \text{ N} \cdot \text{mm/m}$$

$$d = h - T_s - \text{dia} - \text{senggang} - \left(\frac{\text{dia}}{2} \right)$$

$$d = 450 - 40 - 10 - 9,5 = 391 \text{ mm}$$

$$b = 350 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{16629625}{350 \cdot 391^2} = 0,31$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,4$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,4 \cdot 0,31}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,001$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,04$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{balance} = 0,75 \times 0,04 = 0,027$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,004$$

Karena $\rho < \rho_{min}$ maka ρ dinaikkan sebesar 30% :

Sesuai SNI 2847-2013 pasal 10.5.3 bahwa alternative untuk komponen struktur besar dan massif, luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

$$1,3 \times \rho = 1,3 \times 0,001 = 0,001$$

Karena $\rho + 30\% \rho < \rho_{min}$, maka digunakan $\rho = 0,004$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$A_s (\text{Tarik}) = \rho \cdot b \cdot d = 0,004 \cdot 350 \cdot 391 = 466,7 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 2 D19 (As pakai=567mm²)

Kontrol

$$\begin{array}{lll} \text{As perlu} & < & \text{As pakai} \\ 466,7 \text{ mm}^2 & < & 567 \text{ mm}^2 \quad \text{OK} \end{array}$$

d. Perhitungan Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{V_u}{L} \times \frac{L}{2} - d = \frac{62,83 \text{ kNm}}{\frac{2500}{2}} \times \frac{2500}{2} - 391 \\ &= 43,2 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nilai V_c ditentukan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.2.1

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

Dimana $\lambda = 1$ untuk beton normal berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 8.6.1

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 350 \text{ mm} \cdot 391 \text{ mm} = 137458,635 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot 137458,635 \text{ N} = 103,1 \text{ kN}$$

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c = 0,5 \cdot 103,1 = 52 \text{ kN}$$

(SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3)

$$V_s \min = \frac{1}{3} \cdot 350 \text{ mm} \cdot 391 \text{ mm} = 45,6 \text{ kN}$$

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$$

$$43,2 \text{ kN} \leq 52 \text{ kN} \quad (\text{Memenuhi})$$

Sebenarnya tidak memerlukan tulangan geser minimum namun dalam pelaksanaan, tetap diberi tulangan sengkang.

$$S_{\max} = 1,5 \cdot d = 195,3 \text{ mm}$$

Maka dipakai 150mm

Kontrol Spasi Tulangan Geser

SNI 2847-2013 pasal 21.3.4.2

$$S_{\max} \leq \frac{d}{2} = 150 \text{ mm} \leq 195 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$S_{\max} \leq 300 = 150 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$A_v \min = \frac{b_w}{3} \cdot \frac{s}{f_y} = \frac{350}{3} \cdot \frac{150}{240} = 72,9$$

Bila dipakai Sengkang 2 kaki D10 ($A_v = 157 \text{ mm}^2$)

Gaya geser perlawanan sengkang:

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{157 \cdot 400 \cdot 391}{150} = 98143,35 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_s = 0,75 \cdot 98143,35 \text{ N} = 73607,5$$

$$\phi \cdot (V_s + V_c)$$

$$= 0,75 \cdot (98143,35 \text{ N} + 137458,635 \text{ N})$$

$$= 176701,4 \text{ N}$$

$$V_u = 43201,91 \text{ N}$$

$$\phi \cdot (V_s + V_c) > V_u \quad \text{OK}$$

Maka dipakai D10 – 150

e. Perhitungan Tulangan Torsi

1. Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.1

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot Ph}{1,7 \cdot Aoh^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{bw \cdot d} + 0,66 \cdot \sqrt{fc'} \right)$$

Torsi Maksimum (T_u) = 77,9 kgm = 778700 N.mm

$bh = bw - 2ts - tul.sengkan g = 350\text{mm} - 80\text{mm} - 10 = 260\text{mm}$

$hh = hw - 2ts - tul.sengkan g = 450\text{mm} - 80\text{mm} - 10 = 360\text{mm}$

Keliling penampang dibatasi as tulangan Sengkan g

$Ph = 2 \cdot bh + 2 \cdot hh = 520 + 720 = 1240\text{mm}$

Luas Penampang diabatasi as tulangan Sengkan g

$Aoh = bh \cdot hh = 260 \cdot 360 = 93600 \text{ mm}^2$

$Vc = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{fc'} \cdot bw \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{fc'} \cdot 350 \cdot 391$
 $= 134763,367\text{N}$

Maka,

$$\sqrt{\left(\frac{43201,91}{350 \cdot 391}\right)^2 + \left(\frac{778700 \cdot 1240}{1,7 \cdot 93600^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{137458,635 \text{ N}}{350 \cdot 391} + 0,66 \cdot \sqrt{35} \right)$$

0,32 Mpa \leq 3,7 Mpa (Penampang memenuhi)

2. Periksa persyaratan pengaruh berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.1 yaitu pengaruh punter dapat diabaikan jika:

$$T_u \leq T_{u \min}$$

$$T_u \leq \phi \cdot 0,038 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$A_{cp} = b \cdot h = 350 \cdot 450 = 157500 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \cdot (b + h) = 2 \cdot (350 + 450) = 315000 \text{ mm}$$

Maka:

$$T_u = 778700 \text{ N} \cdot \text{mm} \leq$$

$$\phi \cdot 0,038 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \left(\frac{157500^2}{315000} \right) = 5732646,65 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

(Tidak memerlukan tulangan Torsi)

6.1.3.1. Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan

1. Panjang penyaluran tulangan Tarik

Tulangan diteruskan sejauh $d, 12db$, atau $l_n/16$ (SNI 2847-3013 dan 12.10.4)

- $d = 389 \text{ mm}$
- $12 \text{ db} = 264 \text{ mm}$
- $l_n/16 = 459 \text{ mm}$

Diambil nilai terbesar yaitu $= 459 \text{ mm} \approx 460 \text{ mm}$

2. Mencari nilai l_d (SNI 2847-2013 pasal 12.2.2):

Diketahui nilai :

$$db = 22$$

$$\psi_s = 1$$

$$\psi_t = 1$$

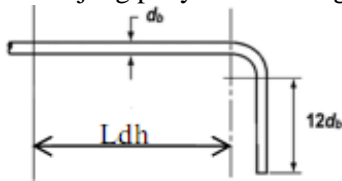
$$\psi_e = 1$$

$$\lambda = 1$$

$$l_d = \left(\frac{f_y \cdot \psi_s \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'}} \right) \cdot db$$

$$l_d = \left(\frac{400 \cdot 1 \cdot 1}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{35}} \right) \cdot 22 = 945,09$$

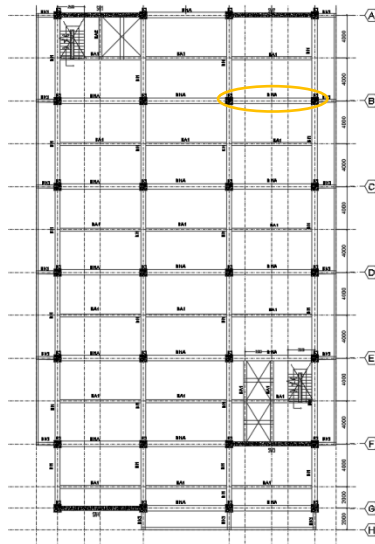
3. Panjang penyaluran tulangan berkait:



$$l_{dh} = \left(\frac{0,24 \cdot \psi_s \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) db$$

$$l_{dh} = \left(\frac{0,24 \cdot 1.400}{1.5,5} \right) 22 = 264mm = 270mm$$

6.1.4 Perhitungan Balok Anak



a. Data Perencanaan

Bentang L = 800mm
 Dimensi = 350 x 450 mm (frame 363)
 Cover = 40mm

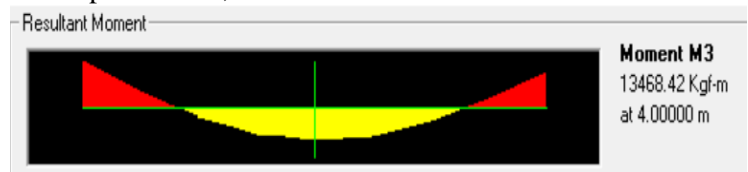
Mutu Beton	=35 Mpa
Kuat leleh T.Lentur	=400 Mpa
Kuat Leleh T. Geser	=240 Mpa
Tul. Lentur	=D22
Tul. Geser	=D10

$$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{35 - 28}{7} \right) \cdot 0,05 = 0,8$$

Dari hasil perhitungan pembebanan pada program bantu SAP2000 dengan kombinasi 1,2D+1,6L didapatkan gaya-gaya sebagai berikut:



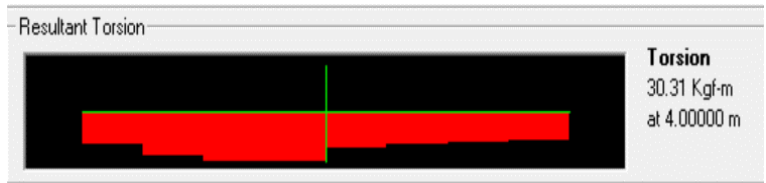
M tumpuan= 207,24 kNm



M lapangan= 134,68 kNm



Vu =130.51 kN



$$T_u = 0,3031 \text{ kNm}$$

b. Perhitungan Tulangan Tumpuan

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{207,24 \text{ kNm}}{0,8} = 259051750 \text{ N.mm/m}$$

$$d = h - T_s - \text{senggang} - \left(\frac{dia}{2}\right)$$

$$d = 450 - 40 - 10 - \left(\frac{22}{2}\right) = 389 \text{ mm}$$

$$b = 350 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{259051750}{350 \cdot 389^2} = 4,89$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,4$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,4 \cdot 4,89}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,013$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,04$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{balance} = 0,75 \times 0,04 = 0,027$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,004$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,013$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$A_s \quad (\text{Tarik}) \quad = \quad \rho \cdot b \cdot d = 0,013 \cdot 350 \cdot 389 = 1830,26 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 6 D22 ($A_s \text{ pakai} = 2281 \text{ mm}^2$)

Kontrol

$$\begin{array}{rclcl} A_s \text{ perlu} & < & A_s \text{ pakai} & & \\ 1830,26 & \text{mm}^2 & < & 2281 \text{ mm}^2 & \text{OK} \end{array}$$

c. Perhitungan Tulangan Lapangan

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{134,68 \text{ kNm}}{0,8} = 168355250 \text{ N.mm/m}$$

$$d = h - T_s - \left(\frac{dia}{2} \right) = 450 - 20 - 11$$

$$d = 389 \text{ mm}$$

$$b = 350 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{168355250}{350 \cdot 389^2} = 3,18$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,4$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,4 \cdot 3,18}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,008$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,04$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{balance} = 0,75 \times 0,04 = 0,027$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,004$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$\rho_{pakai} = 0,008$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$A_s \text{ (Tarik)} = \rho \cdot b \cdot d = 0,008 \cdot 350 \cdot 389 = 1146,93 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 4 D22

($A_s \text{ pakai} = 1521 \text{ mm}^2$)

Kontrol

$$\begin{array}{lll} A_s \text{ perlu} & < & A_s \text{ pakai} \\ 1146,93 \text{ mm}^2 & < & 1521 \text{ mm}^2 \quad \text{OK} \end{array}$$

d. Perhitungan Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{V_u}{L} \times \frac{L}{2} - d = \frac{130,5 \text{ kNm}}{\frac{8000}{2}} \times \frac{8000}{2} - 389 \\ &= 118 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nilai V_c ditentukan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.2.1

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_{c'}} \cdot b_w \cdot d$$

Dimana $\lambda = 1$ untuk beton normal berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 8.6.1

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 350 \text{ mm} \cdot 389 \text{ mm} = 136930,6 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot 136930,6 \text{ N} = 103 \text{ kN}$$

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c = 0,5 \cdot 103,1 = 51,349 \text{ kN}$$

(SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3)

$$V_{s \text{ min}} = \frac{1}{3} \cdot 350 \text{ mm} \cdot 389 \text{ mm} = 45,38 \text{ kN}$$

Kondisi 1

$$Vu \leq 0,5 \cdot \phi \cdot Vc \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Kondisi 2

$$0,5 \cdot \phi \cdot Vc \leq Vu \leq \phi \cdot Vc \quad (\text{Memenuhi})$$

Memerlukan tulangan geser minimum.

$$S_{max} = 1,5 \cdot d = 195,3mm$$

Maka dipakai 150mm

Kontrol Spasi Tulangan Geser

SNI 2847-2013 pasal 21.3.4.2

$$S_{max} \leq \frac{d}{2} = 150mm \leq 195mm$$

(memenuhi)

$$S_{max} \leq 300 = 150mm \leq 300mm$$

(memenuhi)

$$A_v \min = \frac{bw}{3} \cdot \frac{s}{f_y} = \frac{350}{3} \cdot \frac{150}{240} = 72,9$$

Bila dipakai Senggang 2 kaki D10 ($A_v = 157mm^2$)

Gaya geser perlawanan senggang:

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{157 \cdot 240 \cdot 389}{150} = 97766,36 N$$

$$\phi \cdot V_s = 0,75 \cdot 97766,36 N = 73324,8 N$$

$$\phi \cdot (V_s + V_c) = 0,75 \cdot (97766,36 N + 136930,6 N) = 176022,7 N$$

$$Vu = 117820,97 N$$

$$\phi \cdot (V_s + V_c) > Vu \quad \text{OK}$$

Maka dipakai D10 – 150

e. Perhitungan Tulangan Torsi

1. Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.1

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot Ph}{1,7 \cdot Aoh^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{bw \cdot d} + 0,66 \cdot \sqrt{fc'} \right)$$

Torsi Maksimum (Tu) = 30,3 kgm = 303100 N.mm

$bh = bw - 2ts - tul.sengkan g = 350\text{mm} - 80\text{mm} - 10 = 260\text{mm}$

$hh = hw - 2ts - tul.sengkan g = 450\text{mm} - 80\text{mm} - 10 = 360\text{mm}$

Keliling penampang dibatasi as tulangan Sengkan g

$Ph = 2 \cdot bh + 2 \cdot hh = 520 + 720 = 1240\text{mm}$

Luas Penampang diabatasi as tulangan Sengkan g

$Aoh = bh \cdot hh = 260 \cdot 360 = 93600 \text{ mm}^2$

$$Vc = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{fc'} \cdot bw \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{fc'} \cdot 350 \cdot 389$$

$$= 134245,767\text{N}$$

Maka,

$$\sqrt{\left(\frac{117820,97}{350 \cdot 389}\right)^2 + \left(\frac{303100 \cdot 1240}{1,7 \cdot 93600^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{137458,635 \text{ N}}{350 \cdot 389} + 0,66 \cdot \sqrt{35} \right)$$

0,87 Mpa \leq 3,7 Mpa (Penampang memenuhi)

2. Periksa persyaratan pengaruh berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.1 yaitu pengaruh punter dapat diabaikan jika:

$$Tu \leq Tu_{min}$$

$$Tu \leq \phi \cdot 0,038 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$A_{cp} = b \cdot h = 350 \cdot 450 = 157500 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \cdot (b + h) = 2 \cdot (350 + 450) = 315000 \text{ mm}$$

Maka:

$$Tu = 303100 \text{ N} \cdot \text{mm} \leq$$

$$\phi \cdot 0,038 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \left(\frac{157500^2}{315000} \right) = 5732646,65 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

(Tidak memerlukan tulangan Torsi)

f. Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan

1. Panjang penyaluran tulangan Tarik

Tulangan diteruskan sejauh d , $12db$, atau $l_n/16$ (SNI 2847-3013 dan 12.10.4)

$$- d = 389 \text{ mm}$$

$$- 12 db = 264 \text{ mm}$$

$$- l_n/16 = 459 \text{ mm}$$

Diambil nilai terbesar yaitu $= 459 \text{ mm} \approx 460 \text{ mm}$

2. Mencari nilai l_d (SNI 2847-2013 pasal 12.2.2):

Diketahui nilai :

$$db = 22$$

$$\psi_s = 1$$

$$\psi_t = 1$$

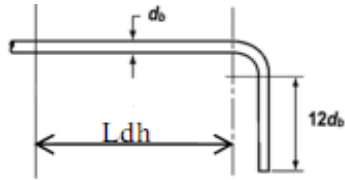
$$\psi_e = 1$$

$$\lambda = 1$$

$$l_d = \left(\frac{f_y \cdot \psi_s \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot db$$

$$l_d = \left(\frac{400 \cdot 1 \cdot 1}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{35}} \right) \cdot 22 = 945,09$$

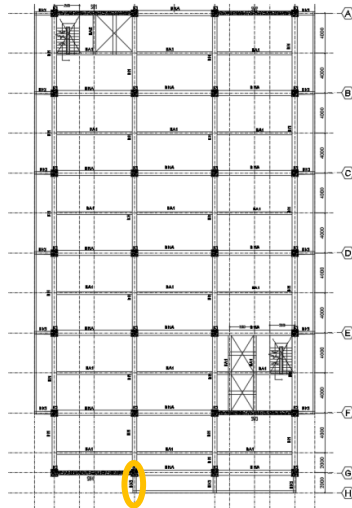
3. Panjang penyaluran tulangan berkait:



$$l_{dh} = \left(\frac{0,24 \cdot \psi_s \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) d_b$$

$$l_{dh} = \left(\frac{0,24 \cdot 1.400}{1.5,5} \right) 22 = 264\text{mm} = 270\text{mm}$$

6.1.5 Perhitungan Balok Kantilever



a. Data Perencanaan

Bentang L = 2000mm
 Dimensi = 350 x 450 mm (frame 142)
 Cover = 40mm
 Mutu Beton = 35 Mpa
 Kuat leleh T.Lentur = 400 Mpa

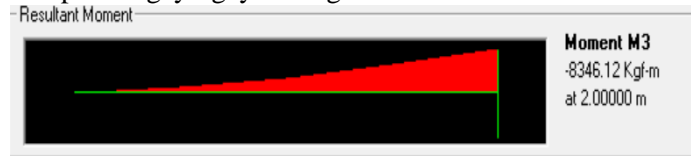
Kuat Leleh T. Geser=240 Mpa

Tul. Lentur =D22

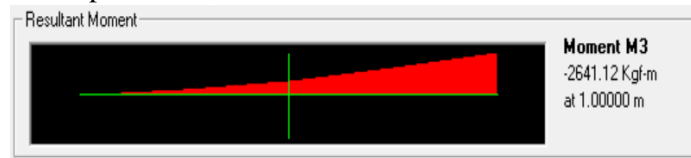
Tul. Geser =D10

$$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{35 - 28}{7} \right) \cdot 0,05 = 0,8$$

Dari hasil perhitungan pembebanan pada program bantu SAP2000 dengan kombinasi 1,2D+1,6L didapatkan gaya-gaya sebagai berikut:



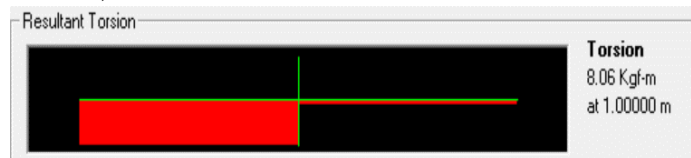
M tumpuan= 83,4612 kNm



M lapangan= 26,4112kNm



Vu =57,6777 kN



Tu =0,0816 kNm

b. Perhitungan Tulangan Tumpuan

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{83,4612 \text{ kNm}}{0,8} = 104326500 \text{ N.mm/m}$$

$$d = h - Ts - \text{senggang} - \left(\frac{\text{dia}}{2}\right)$$

$$d = 450 - 40 - 10 - \frac{22}{2} = 391 \text{ mm}$$

$$b = 350 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{104326500}{350 \cdot 391^2} = 1,95$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,4$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,4 \cdot 1,95}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,005$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot fc'}{fy} \times \frac{600}{600 + fy}$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,04$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{balance} = 0,75 \times 0,04 = 0,027$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400} = 0,004$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$\rho_{pakai} = 0,005$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$As \quad (\text{Tarik}) = \rho \cdot b \cdot d = 0,005 \cdot 350 \cdot 391 = 691,42 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 4 D19 (As pakai = 1134 mm²)

Kontrol

$$\begin{array}{llll} \text{As perlu} & < & \text{As pakai} & \\ 691,42 & \text{mm}^2 & < & 1134\text{mm}^2 \quad \text{OK} \end{array}$$

c. Perhitungan Tulangan Lapangan

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{26,4112 \text{ kNm}}{0,8} = 33014000 \text{ N.mm/m}$$

$$d = h - Ts - \text{senggang} - \left(\frac{dia}{2}\right)$$

$$d = 450 - 40 - 10 - \frac{22}{2} = 391\text{mm}$$

$$b = 350\text{mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{33014000}{350 \cdot 391^2} = 0,62$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,4$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,4 \cdot 0,62}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,002$$

$$\rho \text{ balance} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot fc'}{fy} \times \frac{600}{600 + fy}$$

$$\rho \text{ balance} = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,04$$

$$\rho \text{ max} = 0,75 \times \rho \text{ balance} = 0,75 \times 0,04 = 0,027$$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400} = 0,004$$

Karena $\rho < \rho \text{ min}$ maka ρ dinaikkan sebesar 30%.

Sesuai SNI 2847-2013 pasal 10.5.3 bahwa alternative untuk komponen struktur besar dan massif, luas

tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

$$1,3 \times \rho = 1,3 \times 0,002 = 0,002$$

Karena $\rho + 30\% \rho > \rho_{\min}$, maka digunakan $\rho = 0,004$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$A_s \text{ (Tarik)} = \rho \cdot b \cdot d = 0,004 \cdot 350 \cdot 391 = 491,28 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 2 D19 ($A_s \text{ pakai} = 567 \text{ mm}^2$)

Kontrol

$$\begin{array}{llll} A_s \text{ perlu} < & A_s \text{ pakai} & & \\ 491,28 \text{ mm}^2 < & 567 \text{ mm}^2 & \text{OK} \end{array}$$

d. Perhitungan Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{V_u}{\frac{L}{2}} \times \frac{L}{2} - d = \frac{58 \text{ kNm}}{\frac{2000}{2}} \times \frac{2000}{2} - 391 \\ &= 35 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nilai V_c ditentukan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.2.1

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

Dimana $\lambda = 1$ untuk beton normal berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 8.6.1

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 350 \text{ mm} \cdot 391 \text{ mm} = 137458,6 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot 137458,6 \text{ N} = 103 \text{ kN}$$

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c = 0,5 \cdot 103,1 = 51,547 \text{ kN}$$

(SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3)

$$V_{s \min} = \frac{1}{3} \cdot 350 \text{ mm} \cdot 389 \text{ mm} = 45,558 \text{ kN}$$

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \quad (\text{Memenuhi})$$

$$S_{max} = 1,5 \cdot d = 195,3mm$$

Maka dipakai 150mm

Kontrol Spasi Tulangan Geser

SNI 2847-2013 pasal 21.3.4.2

$$S_{max} \leq \frac{d}{2} = 150mm \leq 195mm$$

(memenuhi)

$$S_{max} \leq 300 = 150mm \leq 300mm$$

(memenuhi)

$$A_v \min = \frac{b_w}{3} \cdot \frac{s}{f_y} = \frac{350}{3} \cdot \frac{150}{240} = 72,9$$

Bila dipakai Sengkang 2 kaki D10 ($A_v = 157mm^2$)

Gaya geser perlawanan sengkang:

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{157 \cdot 240 \cdot 391}{150} = 98143,35 N$$

$$\phi \cdot V_s = 98143,35 N = 73607,5 N$$

$$\phi \cdot (V_s + V_c) = 0,75 \cdot (98143,35 N + 137458,6 N) = 1767015 N$$

$$V_u = 35154,56 N$$

$$\phi \cdot (V_s + V_c) > V_u \quad \text{OK}$$

Maka dipakai D10 – 150

e. Perhitungan Tulangan Torsi

1. Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.1

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot Ph}{1,7 \cdot A_o h^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + 0,66 \cdot \sqrt{f_c'}\right)$$

$$\text{Torsi Maksimum (Tu)} = 8,1 \text{ kgm} = 80600 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned}
 bh &= bw - 2ts - tul.sengakang \\
 &= 350\text{mm} - 80\text{mm} - 10 = 260\text{mm} \\
 hh &= hw - 2ts - tul.sengakang \\
 &= 450\text{mm} - 80\text{mm} - 10 = 360\text{mm}
 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan Sengakang

$$Ph = 2 \cdot bh + 2 \cdot hh = 520 + 720 = 1240\text{mm}$$

Luas Penampang diabatasi as tulangan Sengakang

$$Aoh = bh \cdot hh = 260 \cdot 360 = 93600 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 Vc &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot bw \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot 350 \cdot 391 \\
 &= 134763,4\text{N}
 \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 &\sqrt{\left(\frac{35154,56}{350 \cdot 391}\right)^2 + \left(\frac{80600 \cdot 1240}{1,7 \cdot 93600^2}\right)^2} \\
 &\leq \phi \left(\frac{134763,4 \text{ N}}{350 \cdot 391} + 0,66 \cdot \sqrt{35} \right)
 \end{aligned}$$

$$0,26 \text{ Mpa} \leq 3,7 \text{ Mpa}$$

(Penampang memenuhi)

2. Periksa persyaratan pengaruh berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.1 yaitu pengaruh punter dapat diabaikan jika:

$$Tu \leq Tu \text{ min}$$

$$Tu \leq \phi \cdot 0,038 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} \left(\frac{Acp^2}{Pcp} \right)$$

$$Acp = b \cdot h = 350 \cdot 450 = 157500 \text{ mm}^2$$

$$Pcp = 2 \cdot (b + h) = 2 \cdot (350 + 450) = 315000\text{mm}$$

Maka:

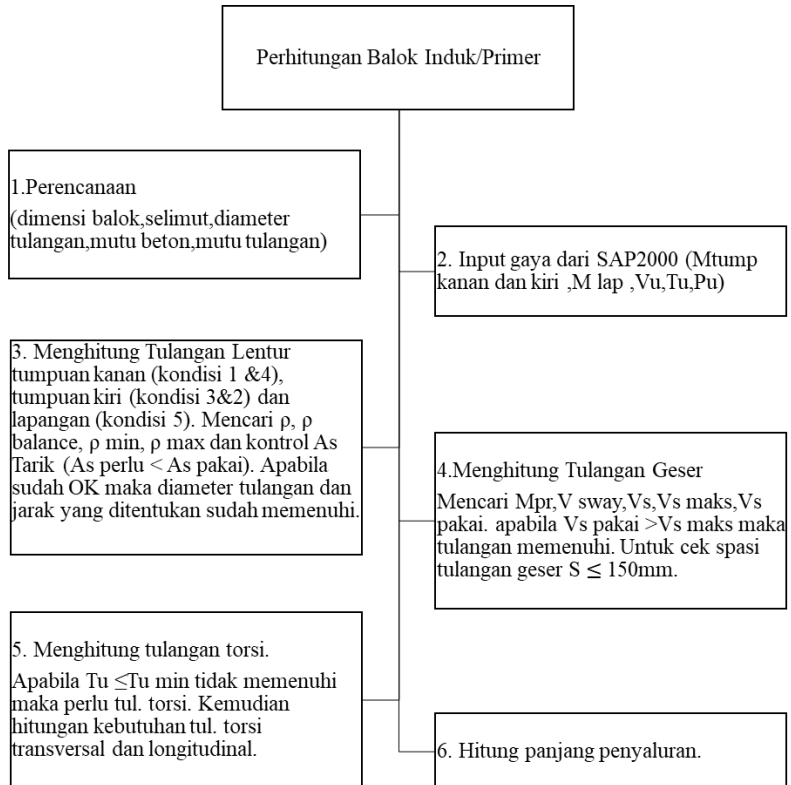
$$T_u \leq \phi \cdot 0,038 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \left(\frac{157500^2}{315000} \right)$$

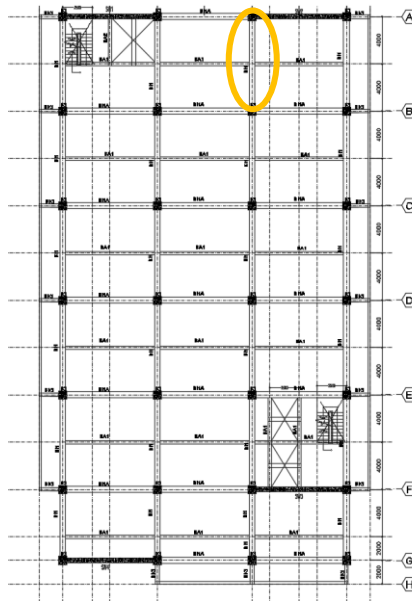
$$80600 N \cdot mm \leq 5732646,65 N \cdot mm$$

(Tidak memerlukan tulangan Torsi)

6.3 Perhitungan Struktur Primer

6.2.1 Desain Struktur Balok Induk



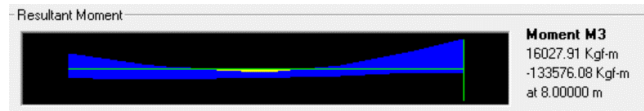


a. Data Perencanaan

Tipe Balok	= BI1 (frame 314)
Dimensi balok induk	= 600x750 mm
Dimensi kolom	= 850x850mm
Bentang balok (L)	= 8000mm
Cover (t)	= 40mm
Diameter tul.lentur	= 32mm ,fy=400Mpa
Diameter tul.geser	= 13mm ,fy=400Mpa

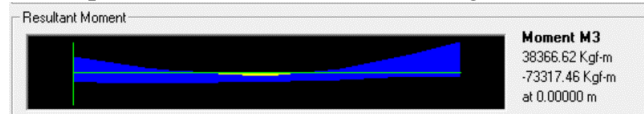
$$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{35 - 28}{7} \right) \cdot 0,05 = 0,8$$

Dari hasil perhitungan pembebanan pada program bantu SAP2000 dengan kombinasi ENVELOPE didapatkan gaya-gaya sebagai berikut:



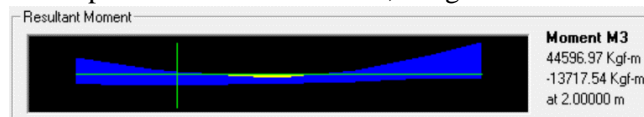
M tumpuan kanan Atas = 133576,08 kg.m

M tumpuan kanan Bawah = 16027,91kg.m

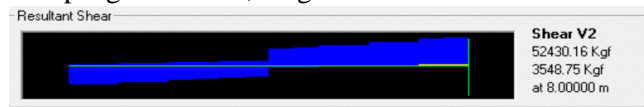


M tumpuan kiri Atas = 73317,46 kg.m

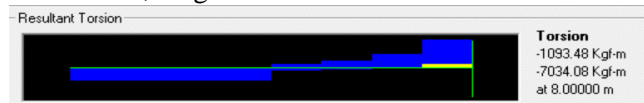
M tumpuan kiri Bawah = 38366,62 kg.m



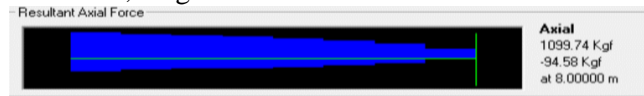
M lapangan= 44596,97kg.m



$V_u = 52430,16 \text{ kg}$



$T_u = 7034,08 \text{ kg.m}$



$P_u = 1099,74 \text{ kg}$

- b. Cek syarat Komponen Struktur Penahan Gempa
- Gaya tekan aksial pada komponen struktur lentur dibatasi maksimum $0,1 \cdot A_g \cdot f_c'$.

$$P_u < 0,1 \cdot 450 \cdot 35$$

$$10,99 \text{ kN} < 1575 \text{ kN (OK)}$$

- Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya (SNI 2847-2013 pasal 21.5.2)

$$L_n = 7150 \text{ mm}$$

$$d = h_{\text{balok}} - t - \text{Sengkang} - d_{\text{lentur}} - (d_{\text{lentur}}/2)$$

$$d = 750\text{mm} - 40\text{mm} - 13\text{mm} - (32/2)$$

$$d = 681\text{mm}$$

$$4d = 4 \cdot 681 = 2724\text{mm}$$

$$L_n > 4d \quad (\text{OK})$$

- Lebar komponen tidak boleh kurang dari 0,3h dan 250 mm (SNI 2847-2013 pasal 21.5.3)

$$B_w > 0,3h$$

$$600\text{mm} > 225\text{mm} \quad (\text{OK})$$

- Lebar komponen tidak boleh melebihi lebar kolom + 1,5d

$$B_w > \text{lebar kolom} + 1,5d$$

$$600\text{mm} > 1975\text{mm} \quad (\text{OK})$$

- c. Perhitungan kebutuhan tulangan longitudinal Penahan Lentur

- Kondisi 1

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1335,76867\text{kNm}}{0,9} = 1484178670 \text{ N.mm/m}$$

$$d = h - T_s - \text{sengkang} - \left(\frac{dia}{2}\right)$$

$$d = 750 - 40 - 13 - \left(\frac{32}{2}\right)$$

$$d = 681 \text{ mm}$$

$$b = 600\text{mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{1484178670}{600 \cdot 681^2} = 5,33$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,4$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,4 \cdot 5,33}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,015$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot \beta 1 \cdot f_c'}{fy} \times \frac{600}{600 + fy}$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,04$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{balance} = 0,75 \times 0,04 = 0,027$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400} = 0,004$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$\rho_{pakai} = 0,015$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

d baru=

$$h - \left(\frac{8 \left(ts + sengkang + \frac{1}{2} tul\ utama \right) + 2 \left(ts + sengkang + tul\ utama + 25 + \frac{1}{2} tul\ utama \right)}{8 + 2} \right)$$

d baru =

$$h - \left(\frac{8 \left(40 + 13 + \frac{1}{2} 32 \right) + 2 \left(40 + 13 + 32 + 25 + \frac{1}{2} 32 \right)}{8 + 2} \right)$$

d baru = 649,5 mm

$$As \text{ (Tarik)} = \rho \cdot b \cdot d = 0,015 \cdot 600 \cdot 649,5 \text{ mm} = 5845,5 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 10 D32 (As pakai=8042,48mm²)

Kontrol

As perlu < As pakai

$$5845,5 \text{ mm}^2 < 8042,48 \text{ mm}^2$$

OK

Kontrol

Tulangan dibuat 2 lapis

$$\circ \text{ Jarak } s = \frac{b-2t-2D-n.D}{n-1}$$

$$\text{Jarak } s = \frac{600-80-2 \cdot 13-(8 \times 32)}{(8-1)} = 34 \text{ mm}$$

$$34 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

$$\circ \text{ Kemampuan penampang}$$

$$A_s (\text{aktual}) = 8042,48 \text{ mm}^2$$

$$d (\text{aktual}) = 681$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{8042,48 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 600} = 180 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 8042,48 \cdot 400 \left(668,5 - \frac{180}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 1674926885 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$1674926885 \text{ N.mm} > 1335760800 \text{ N.mm} \quad (\text{OK})$$

- Kondisi 4

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{160,2791 \text{ kNm}}{0,9} = 178087889 \text{ N.mm/m}$$

$$d = h - T_s - \text{senggang} - \left(\frac{dia}{2} \right)$$

$$d = 750 - 40 - 13 - \left(\frac{32}{2} \right)$$

$$d = 681 \text{ mm}$$

$$b = 600 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{178087889}{600 \cdot 681^2} = 0,64$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,4$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,4 \cdot 0,64}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0016$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,04$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{balance} = 0,75 \times 0,04 = 0,027$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

Karena $\rho < \rho_{min}$ maka ρ dinaikkan sebesar 30% :

$$1,3 \times \rho = 1,3 \times 0,0016 = 0,002$$

Karena $\rho + 30\% \rho > \rho_{min}$,maka digunakan $\rho = 0,0037$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$A_s \text{ (Tarik)} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0037 \cdot 600 \cdot 681 = 1520,21 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.2.2 mensyaratkan bahwa kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari $\frac{1}{2}$ kuat lentur negatifnya pada muka tersebut.

$A_s = 0,5 \cdot \text{Tulangan tumpuan kanan}$

$$A_s = 0,5 \cdot 6050,93 \text{ mm}^2 = 3025,47 \text{ mm}^2$$

Maka A_s perlu yang digunakan = $3025,47 \text{ mm}^2$

Maka digunakan tulangan 5 D32 (A_s pakai = $4021,24 \text{ mm}^2$)

Kontrol

As perlu < As pakai

$$3025,47 \text{ mm}^2 < 4021,24 \text{ mm}^2$$

OK

Kontrol

$$\circ \text{ Jarak } s = \frac{b-2t-2D-n.D}{n-1}$$

$$\text{Jarak } s = \frac{600-80-2 \cdot 13-(5 \times 32)}{(5-1)} = 83,5 \text{ mm}$$

$$83,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

○ Kemampuan penampang

$$\text{As (aktual)} = 4021,24 \text{ mm}^2$$

$$d \text{ (aktual)} = 681$$

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{4021,24 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 600} = 90 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot As \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot 4021,24 \cdot 400 \left(681 - \frac{90}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 920621873 \text{ N.mm}$$

$$\phi Mn > Mu$$

$$920621873 \text{ N.mm} > 160279100 \text{ N.mm} \quad (\text{OK})$$

- Kondisi 2

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{733,31746 \text{ kNm}}{0,9} = 814638444 \text{ N.mm/m}$$

$$d = h - Ts - \text{sengkang} - \left(\frac{dia}{2} \right)$$

$$d = 750 - 40 - 13 - \left(\frac{32}{2} \right)$$

$$d = 681 \text{ mm}$$

$$b = 600 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{814638444}{600 \cdot 681^2} = 2,93$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,4$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,4 \cdot 2,93}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,008$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,04$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{balance} = 0,75 \times 0,04 = 0,027$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,004$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$\rho_{pakai} = 0,008$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$As \text{ (Tarik)} = \rho \cdot b \cdot d = 0,008 \cdot 600 \cdot 681 = 3154,3 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 5 D32 (As pakai = 4021,24 mm²)

Kontrol

$$As \text{ perlu} < As \text{ pakai}$$

$$3154,3 \text{ mm}^2 < 4021,24 \text{ mm}^2 \text{ OK}$$

Kontrol

Tulangan dibuat 1 lapis

$$\circ \text{ Jarak } s = \frac{b - 2t - 2D - n \cdot D}{n - 1}$$

$$\text{Jarak } s = \frac{600 - 80 - 2 \cdot 13 - (5 \times 32)}{(5 - 1)} = 83,5 \text{ mm}$$

$$83,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

- Kemampuan penampang

$$A_s (\text{aktual}) = 4021,24 \text{ mm}^2$$

$$d (\text{aktual}) = 681$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{4021,24 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 600} = 90 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 4021,24 \cdot 400 \left(681 - \frac{90}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 868506621 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$868506621 \text{ N.mm} > 733174600 \text{ N.mm (OK)}$$

- Kondisi 3

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{383,6662 \text{ kNm}}{0,9} = 426295778 \text{ N.mm/m}$$

$$d = h - T_s - \text{senggang} - \left(\frac{dia}{2} \right)$$

$$d = 750 - 40 - 13 - \left(\frac{32}{2} \right)$$

$$d = 681 \text{ mm}$$

$$b = 600 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{426295778}{1000 \cdot 681^2} = 1,53$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,4$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,4 \cdot 1,53}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,004$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,04$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{balance} = 0,75 \times 0,04 = 0,027$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$\rho_{pakai} = 0,004$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$A_s \text{ (Tarik)} = \rho \cdot b \cdot d = 0,004 \cdot 600 \cdot 681 = 1607,48 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.2.2 mensyaratkan bahwa kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari ½ kuat lentur negatifnya pada muka tersebut.

$A_s = 0,5 \cdot \text{Tulangan tumpuan kanan}$

$$A_s = 0,5 \cdot 3154,3 \text{ mm}^2 = 1577,15 \text{ mm}^2$$

Maka A_s perlu yang digunakan = 1607,48 mm²

Maka digunakan tulangan 8 D32 (A_s pakai = 6433,98 mm²)

Kontrol

$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pakai}$

$$1607,48 \text{ mm}^2 < 6433,98 \text{ mm}^2$$

OK

Kontrol

$$\text{Jarak } s = \frac{b - 2t - 2D - n \cdot D}{n - 1}$$

$$\text{Jarak } s = \frac{600 - 80 - 2 \cdot 13 - (8 \times 32)}{(8 - 1)} = 34 \text{ mm}$$

$$34 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

- Kemampuan penampang

$$A_s \text{ (aktual)} = 6433,98 \text{ mm}^2$$

$$d \text{ (aktual)} = 681$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{6433,98 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 600} = 144 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 6433,98 \cdot 400 \left(681 - \frac{144}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 1410379016 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$1410379016 \text{ N.mm} > 383666200 \text{ N.mm (OK)}$$

- Kondisi 5

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{445,9697 \text{ kNm}}{0,9} = 495521889 \text{ N.mm/m}$$

$$d = h - T_s - \text{senggang} - \left(\frac{dia}{2} \right)$$

$$d = 750 - 40 - 13 - \left(\frac{32}{2} \right)$$

$$d = 681 \text{ mm}$$

$$b = 600 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{495521889}{1000 \cdot 681^2} = 1,78$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,4$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,4 \cdot 1,78}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0046$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,04$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{balance} = 0,75 \times 0,04 = 0,027$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$\rho_{pakai} = 0,0046$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$As \text{ (Tarik)} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0046 \cdot 600 \cdot 681 = 1877,07 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 mensyaratkan bahwa kuat lentur positif /negative disepanjang bentang tidak boleh lebih dari $\frac{1}{4}$ kuat lentur terbesar.

$$As_{min} = 0,25 \cdot \text{Tul.perlu tumpuan kanan}$$

$$As = 0,5 \cdot 6050,93 \text{ mm}^2 = 1512,73 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka } As \text{ perlu yang digunakan} = 1877,07 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka digunakan tulangan 5 D32 (As pakai} = 4021,23 \text{ mm}^2)$$

Kontrol

$$As_{perlu} < As_{pakai}$$

$$1877,07 \text{ mm}^2 < 4021,23 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

Kontrol

- Jarak $s = \frac{b - 2t - 2D - n \cdot D}{n - 1}$

$$\text{Jarak } s = \frac{600 - 80 - 2 \cdot 13 - (3 \times 32)}{(5 - 1)} = 83,5 \text{ mm}$$

$$83,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$
- Kemampuan penampang

$$As \text{ (aktual)} = 4021,23 \text{ mm}^2$$

$$d \text{ (aktual)} = 681$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{2412,74 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 600} = 54 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 4021,23 \cdot 400 \left(681 - \frac{54}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 920621873,4 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$920621873,4 \text{ N.mm} > 445969700 \text{ N.mm (OK)}$$

- d. Perhitungan Kebutuhan Tulangan Geser
- Menghitung Probable Moment Capacities (Mpr)
 - o Mpr apabila struktur bergoyang ke kanan

Kondisi 1

$$A_s = 8042,477 \text{ mm}^2$$

$$a_{pr-1} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 8042,477 \cdot 240}{0,85 \cdot 35 \cdot 600} = 225 \text{ mm}^2$$

$$M_{pr-1} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a_{pr-1}}{2} \right)$$

$$M_{pr-1} = 1,25 \cdot 8042,477 \cdot 240 \left(681 - \frac{225}{2} \right) = 2285,512228 \text{ kN.m}$$

Kondisi 4

$$A_s = 4021,24 \text{ mm}^2$$

$$a_{pr-4} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 4021,24 \cdot 240}{0,85 \cdot 35 \cdot 600} = 113 \text{ mm}^2$$

$$M_{pr-4} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a_{pr-4}}{2} \right)$$

$$\begin{aligned}
 M_{pr_{-4}} &= 1,25 \cdot 4021,24 \cdot 240 \left(681 - \frac{113}{2} \right) \\
 &= 1255,993928 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

Kondisi 2

$$A_s = 4021,24 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 a_{pr_{-2}} &= \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 4021,24 \cdot 240}{0,85 \cdot 35 \cdot 600} \\
 &= 113 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$M_{pr_{-2}} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a_{pr_1}}{2} \right)$$

$$\begin{aligned}
 M_{pr_{-2}} &= 1,25 \cdot 4021,24 \cdot 240 \left(681 - \frac{113}{2} \right) \\
 &= 1255,993928 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

Kondisi 3

$$A_s = 6434 \text{ mm}^2$$

$$a_{pr_{-3}} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 6434 \cdot 240}{0,85 \cdot 35 \cdot 600}$$

$$a_{pr_{-3}} = 180 \text{ mm}^2$$

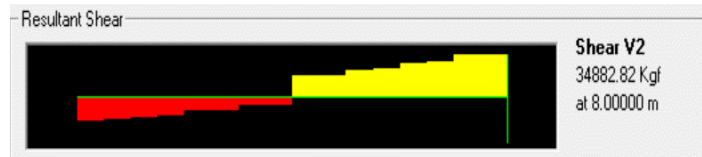
$$M_{pr_{-3}} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a_{pr_1}}{2} \right)$$

$$\begin{aligned}
 M_{pr_{-3}} &= 1,25 \cdot 4021,24 \cdot 240 \left(681 - \frac{180}{2} \right) \\
 &= 1900,881983 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

- Menghitung Diagram Gaya Geser

Dalam mencari reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok akibat gaya gravitasi yang bekerja pada struktur berdasarkan SNI 2847-2013 Gambar S21.5.4

Untuk gaya gravitasi dengan kombinasi 1,2D+1L didapatkan dari program bantu SAP2000 yaitu sebagai berikut:



Didapatkan $V_g = 34882,82 \text{ kg} = 348,8282 \text{ kN}$

Maka:

$$\omega u = \frac{V_g \cdot 2}{\ell_n} = \frac{348,8282 \text{ kN} \cdot 2}{7150} = 9757,43 \text{ kgm} \\ = 97,6 \text{ kNm}$$

Tabel 38 Hasil Rekapitulasi Kondisi 1 sampai dengan 4

No.	Lokasi	Arah Gempa	Mu	Tulangan		As	ϕMn	M_{pr}
			kN.m			mm^2	kN.m	kN.m
1	Kondisi 1	Kanan	1335,76	10	D 32	8042,48	1710,79	2285,51
2	Kondisi 2	Kiri	733,17	5	D 32	4021,24	868,51	1255,99
3	Kondisi 3	Kanan	383,67	8	D 32	6433,98	1410,38	1900,88
4	Kondisi 4	Kiri	160,28	5	D 32	4021,24	920,62	1255,99

- Menghitung geser yang terjadi akibat goyangan

1. Struktur bergoyang ke kiri

$$V_{\text{sway}} = \frac{M_{pr_2} + M_{pr_3}}{\ell_n} = \frac{1255,99 + 1900,99}{7,15}$$

$$V_{\text{sway}} = 441,52 \text{ kN}$$

Total reaksi geser diujung kiri dan kanan balok:

$$V_g \pm V_{sway}$$

Total reaksi geser ujung kiri :

$$348,8282 + 441,52 = 790,349 \text{ kN}$$

Total reaksi geser ujung kanan :

$$348,8282 - 441,52 = -92,6929 \text{ kN}$$

2. Struktur bergoyang ke kanan

$$V_{sway} = \frac{M_{pr_1} + M_{pr_4}}{ln} = \frac{2285,51 + 1255,99}{7,15}$$

$$V_{sway} = 495,32 \text{ kN}$$

Total reaksi geser diujung kiri dan kanan balok: V_g

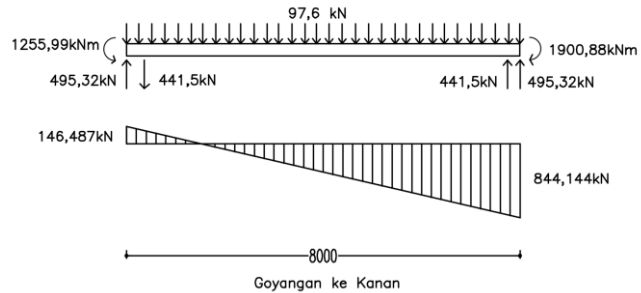
$$\pm V_{sway}$$

Total reaksi geser ujung kiri :

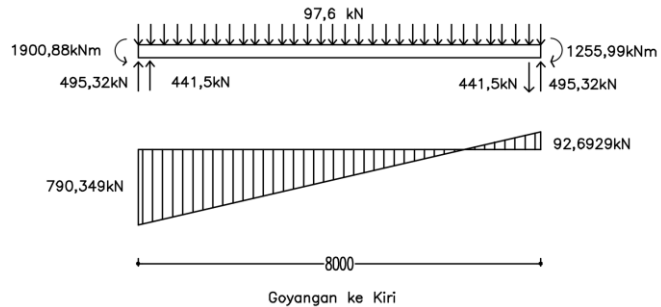
$$348,8282 - 495,32 = -146,487 \text{ kN}$$

Total reaksi geser ujung kanan :

$$348,8282 + 495,32 = 844,144 \text{ kN}$$



Gambar 6. 4 Diagram Gaya Geser Goyangan ke Kanan



Gambar 6. 5 Diagram Gaya Geser Goyangan ke Kiri

- e. Perhitungan Kebutuhan Tulangan Senggang untuk Gaya Geser
- Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.4.2 mensyaratkan bahwa kontribusi beton dalam menahan geser, yaitu $V_c=0$ pada perencanaan sendi plastis apabila:
- Gaya geser V sway akibat sendi plastis ujung-ujung balok melebihi kuat geser perlu maksimum, V_u di sepanjang bentang.

Tabel 39 cek Gaya Geser V sway

Arah Gerakan Gempa	V sway	Reaksi Tumpuan				Cek Syarat
		Kiri		Kanan		
		V _u	0,5.V _u	V _u	0,5.V _u	
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	V sway > 0,5.V _u	
Kanan	495,32	146	73,24	844	422,07	OK
Kiri	441,52	790	395.17	92.6	46.35	OK

- Gaya aksial tekan terfaktor akibat gaya gempa dan gravitasi kurang dari $\frac{Ag \cdot f_c'}{20}$. Apabila diketahui $P_u = 10,9974 \text{ kN}$ dan $\frac{Ag \cdot f_c'}{20} = \frac{(600 \times 750) \cdot 35}{20} = 788 \text{ kN}$, maka persyaratan $P_u < \frac{Ag \cdot f_c'}{20}$ memenuhi.

Dikarenakan syarat telah terpenuhi maka $V_c = 0$

a. Muka Kolom Kiri

(V_u diambil yang terbesar, $V_u = 790,349 \text{ kN}$)

Dengan demikian,

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{790,349}{0,75} - 0 = 1053,799 \text{ kN} = 1053799,1 \text{ N}$$

Menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.7.9, nilai maksimum V_s adalah sebagai berikut:

$$V_s \max = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{35} \cdot 600 \cdot 681 = 1611,54 \text{ kN} = 1611540 \text{ N}$$

$$V_s < V_s \max$$

$$1053799,1 \text{ N} < 1611540 \text{ N} \quad \text{OK}$$

Apabila digunakan Sengkang D 13 dipasang 4 kaki:

$$A_v = 4x\left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13 \text{ mm}^2\right) = 530,9 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{530,9 \cdot 240 \cdot 681}{1053799,1} = 82,345 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai } s = 50 \text{ mm}$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{530,9 \cdot 240 \cdot 681}{50} = 1735501,233 \text{ N}$$

$$V_s \text{ pakai} > V_s \max \quad (\text{OK})$$

Cek persyaratan spasi maksimum tulangan geser balok berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.2:

$$d/4 = 681/4 = 170 \text{ mm}$$

$$6.d_b = 6.32 = 192\text{mm}$$

$$S \leq 150\text{mm}$$

Maka dipilih nilai yang terkecil yaitu $S_{\max} = 150\text{mm}$

$S_{\max} > S$ pakai (OK)

Jadi dipakai jarak Senggang 50mm

Dipasang Senggang 4 kaki D13 – 50mm disepanjang $2h = 2 \cdot 750\text{mm} = 1500\text{mm}$ dari muka kolom kiri, dimana tulangan geser pertama dipasang 50mm dari muka kolom.

b. Muka Kolom Kanan

(V_u diambil yang terbesar, $V_u = 844,144\text{ kN}$)

Dengan demikian,

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{844,144}{0,75} - 0 = 1125,525\text{kN} = 1125525\text{ N}$$

Menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.7.9, nilai maksimum V_s adalah sebagai berikut:

$$V_{s\max} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{35} \cdot 600 \cdot 681 = 1611,54\text{kN} = 1611540\text{ N}$$

$$V_s < V_{s\max}$$

$$1125525\text{ N} < 1611540\text{ N} \quad \text{OK}$$

Apabila digunakan Senggang D 13 dipasang 4 kaki:

$$A_v = 4x\left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13\text{mm}^2\right) = 530,9\text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{530,9 \cdot 240 \cdot 681}{1125525} = 77,097\text{ mm}$$

Dipakai $s = 50\text{mm}$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{530,9 \cdot 240 \cdot 681}{50} = 1735501,233\text{ N}$$

$V_s \text{ pakai} > V_s \text{ max}$ (OK)

Cek persyaratan spasi maksimum tulangan geser balok berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.2:

$$d/4 = 681/4 = 170\text{mm}$$

$$6.d_b = 6 \cdot 32 = 192\text{mm}$$

$$S \leq 150\text{mm}$$

Maka dipilih nilai yang terkecil yaitu $S_{\text{max}} = 150\text{mm}$

$$S_{\text{max}} > S_{\text{pakai}} \quad (\text{OK})$$

Jadi dipakai jarak Sengkang 50mm

Dipasang Sengkang 4 kaki D13 – 50mm disepanjang $2h = 2 \cdot 750\text{mm} = 1500\text{mm}$ dari muka kolom kiri, dimana tulangan geser pertama dipasang 50mm dari muka kolom.

c. Ujung Zona Sendi Plastis (daerah lapangan)

Gaya geser maksimum V_u di ujung zona sendi plastis, yaitu sejarak

$$2h = 2 \cdot 750\text{mm} = 1500\text{mm} \text{ dari muka kolom}$$

$$V_u = V_{u \text{ max}} - (2 \cdot h \cdot \omega_u)$$

$$V_u = 844,144 - (1,5 \cdot 97,6) = 697,78\text{kN}$$

Pada daerah ini nilai V_c dapat diperhiungkan, sehingga :

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{35} \cdot 600 \cdot 681 = 402885 \text{ N} = 402,885\text{kN}$$

Dengan demikian ,

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{697,78}{0,75} - 402,885 = 527,49 \text{ kN}$$

Menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.7.9 bahwa nilai maksimum V_s adalah sebagai berikut:

$$V_s \max = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d =$$

$$\frac{2}{3} \cdot \sqrt{35} \cdot 600 \cdot 681 = 1611540 \text{ N} = 1611,54 \text{ kN}$$

maka,

$$V_s < V_s \max$$

$$527,49 \text{ kN} < 1611,54 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

Apabila digunakan Sengkang D 13 dipasang 2 kaki:

$$A_v = 2x\left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13 \text{ mm}^2\right) = 265,5 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{265,5 \cdot 240 \cdot 681}{1125525} = 82,25 \text{ mm}$$

Dipakai $s = 50 \text{ mm}$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{265,5 \cdot 240 \cdot 681}{50}$$

$$= 867750,6166 \text{ N}$$

$V_s \text{ pakai} > V_s \max \quad (\text{OK})$

Cek persyaratan spasi maksimum tulangan geser balok berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.2:

$$d/4 = 681/4 = 170 \text{ mm}$$

$$6 \cdot d_b = 6 \cdot 32 = 192 \text{ mm}$$

$$S \leq 150 \text{ mm}$$

Maka dipilih nilai yang terkecil yaitu $S \max = 150 \text{ mm}$

$$S \max > S \text{ pakai} \quad (\text{OK})$$

Jadi dipakai jarak Sengkang 70mm

Dipasang Sengkang 2 kaki D13 – 70mm disepanjang $2h = 2 \cdot 750 \text{ mm} = 1500 \text{ mm}$ dari muka kolom kiri, dimana tulangan geser pertama dipasang 50mm dari muka kolom.

f. Perhitungan Kebutuhan Tulangan Torsi

- a. Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.1:

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot Ph}{1,7 \cdot Aoh^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{bw \cdot d} + 0,66 \cdot \sqrt{f'c'} \right)$$

$$\begin{aligned} \text{Torsi Maksimum (Tu)} &= 7034,1 \text{ kgm} \\ &= 70340800 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Geser Maksimum (Vu)} &= 524,3 \text{ kN} \\ &= 524301,6 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} bh &= bw - 2ts - tul.sengkan g = 600\text{mm} - 80\text{mm} - 13 = 507 \text{ mm} \\ hh &= hw - 2ts - tul.sengkan g = 750\text{mm} - 80\text{mm} - 13 = 657 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling penampang dibatasi as tulangan Sengkan g} \\ Ph &= 2 \cdot bh + 2 \cdot hh = 1014 + 1314 \\ Ph &= 2328 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas Penampang diabatasi as tulangan Sengkan g

$$Aoh = bh \cdot hh = 507 \cdot 657 = 333099 \text{ mm}^2$$

$$Vc = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot bw \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot 600 \cdot 681$$

$$Vc = 402885,03 \text{ N}$$

Maka,

$$\sqrt{\left(\frac{524301,6}{600 \cdot 681}\right)^2 + \left(\frac{70340800 \cdot 1240}{1,7 \cdot 333099^2}\right)^2} \leq$$

$$\phi \left(\frac{402885,03 \text{ N}}{600 \cdot 681} + 0,66 \cdot \sqrt{35} \right) \\ 1,55 \text{ Mpa} \leq 3,67 \text{ Mpa} \\ (\text{Penampang memenuhi})$$

- b. Periksa persyaratan pengaruh berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.1 yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika:

$$T_u \leq T_u \text{ min}$$

$$T_u \leq \phi \cdot 0,038 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$A_{cp} = b \cdot h = 600 \cdot 750 = 450000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \cdot (b + h) = 2 \cdot (600 + 750) = 2700 \text{ mm}$$

Maka:

$$70340800 \text{ N} \cdot \text{mm} \geq$$

$$\phi \cdot 0,038 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \left(\frac{450000^2}{2700} \right) = 27731623,98 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

(memerlukan tulangan Torsi)

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.2.2 bahwa nilai torsi maksimum boleh direduksi menjadi nilai sebagai berikut:

$$T_u \text{ maks} = \phi \cdot 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_u \text{ maks} = \phi \cdot 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot \left(\frac{450000^2}{2700} \right)$$

$$T_u \text{ maks} = 109817231 \text{ Nmm}$$

Karena $T_u \text{ max} > T_u$, maka untuk nilai T_u digunakan = $70340800 \text{ N} \cdot \text{mm}$

- c. Perhitungan kebutuhan tulangan torsi transversal

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.6 dalam menghitung penulangan transversal penahan torsi, nilai

Ao dapat diambil sama dengan 0,8 Ash dan nilai $\theta = 45^\circ$

$$Ao = 0,85 \cdot Aoh = 0,85 \cdot 333099 = 283134,15 \text{ mm}^2$$

$$Tn = \frac{2 \cdot Ao \cdot At \cdot fyt}{s} \cdot \cot \theta$$

$$\frac{Tu}{\phi} = \frac{2 \cdot Ao \cdot At \cdot fyt}{s} \cdot \cot \theta$$

$$\frac{At}{s} = \frac{Tu}{\phi \cdot 2 \cdot Ao \cdot fyt \cdot \cot \theta}$$

$$\frac{At}{s} = \frac{70340800}{0,75 \cdot 2 \cdot 333099 \cdot 240 \cdot 1} = 0,69 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

- Pada Daerah Tumpuan

Kebutuhan tulangan Senggang sebelum torsi:

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{fy \cdot d} = \frac{1611540,1}{240 \cdot 681} = 9,86 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan Senggang setelah torsi:

$$\frac{Avt}{s} = \frac{Av}{s} + 2 \cdot \frac{At}{s} = 9,86 + 2 \cdot 0,69 = 11 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Untuk tulangan Senggang sebelum torsi adalah 4 kaki D13 – 50mm

$$\frac{Av \text{ pakai}}{s} = \frac{4 \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 13^2\right)}{50} = 11,8 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{Av \text{ pakai}}{s} > \frac{Avt}{s} \quad (OK)$$

- Pada Daerah lapangan

Kebutuhan tulangan Senggang sebelum torsi:

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{fy \cdot d} = \frac{527491,3}{240 \cdot 681} = 3,227 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan Senggang setelah torsi:

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{A_v}{s} + 2 \cdot \frac{A_t}{s} = 3,227 + 2 \cdot 0,69$$

$$= 4,6 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Untuk tulangan Sengkang sebelum torsi adalah 2 kaki D13 – 70mm

$$\frac{A_{v \text{ pakai}}}{s} = \frac{2 \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 13^2\right)}{70} = 5,31 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_{v \text{ pakai}}}{s} > \frac{A_{vt}}{s} \quad (OK)$$

- d. Perhitungan kebutuhan tulangan torsi longitudinal
Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.3.5.7, tulangan torsi untuk tulangan lentur dihitung sebagai berikut:

$$A_\ell = \frac{A_t}{s} \cdot Ph \cdot \left(\frac{f_{yt}}{f_y}\right) \cdot \cot^2 \theta$$

$$A_\ell = 0,69 \cdot 2328 \cdot \left(\frac{400}{400}\right) \cdot 1 = 1607 \text{ mm}^2$$

Apabila digunakan tulangan 2 D32 (As pakai = $1608,5 \text{ mm}^2$) maka,

$$A_{s \text{ pakai}} > A_\ell \quad OK$$

Jadi digunakan tulangan 2 D 32 disetiap sisi samping kiri dan kanan balok baik disepanjang tumpuan maupun lapangan.

g. Panjang Penyaluran Tulangan

1. Panjang penyaluran tulangan Tarik

Tulangan diteruskan sejauh $d, 12db$, atau $l_n/16$ (SNI 2847-3013 dan 12.10.4)

- $d = 681 \text{ mm}$
- $12 db = 384 \text{ mm}$
- $l_n/16 = 446,9 \text{ mm}$

Diambil nilai terbesar yaitu $= 681 \text{ mm} \approx 690 \text{ mm}$

2. Mencari nilai l_d (SNI 2847-2013 pasal 12.2.2):

Diketahui nilai :

$$D_b = 22$$

$$\psi_s = 1$$

$$\psi_t = 1$$

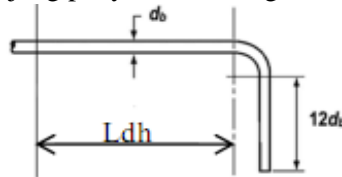
$$\psi_e = 1$$

$$\lambda = 1$$

$$\ell d = \left(\frac{f_y \cdot \psi_s \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b$$

$$\ell d = \left(\frac{400 \cdot 1 \cdot 1}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{35}} \right) \cdot 32 = 1273 \approx 1300 \text{ mm}$$

3. Panjang penyaluran tulangan berkait:



$$L_{dh} = \left(\frac{0,24 \cdot \psi_s \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) d_b$$

$$L_{dh} = \left(\frac{0,24 \cdot 1 \cdot 400}{1 \cdot 5,9} \right) 32 = 519 \text{ mm} = 520 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang kait} = 12d_b = 384 \text{ mm} = 400 \text{ mm}$$

6.2.3 Desain Struktur Kolom

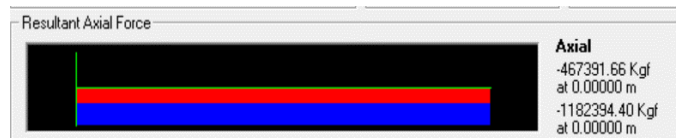
Untuk perhitungan penulangan kolom, akan digunakan kolom yang mengalami gaya aksial paling besar dari hasil perhitungan program bantu SAP2000. Kolom yang mengalami gaya aksial paling besar berada pada frame 1915 yaitu salah satu kolom yang berada pada lantai dasar.

6.2.3.1. Data Perencanaan

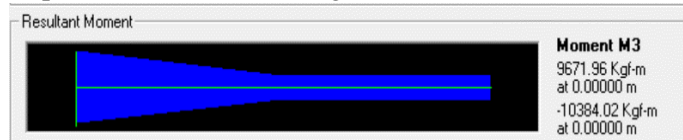
Tipe Kolom = K1

Dimensi balok induk = 850x850 mm
 Tinggi kolom (H) = 3500mm
 Cover (t) = 40mm
 Diameter tul.lentur = 32mm , $f_y=400\text{Mpa}$
 Diameter tul.geser = 16mm , $f_y=400\text{Mpa}$

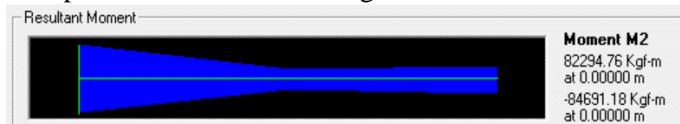
Dari hasil perhitungan pada program bantu SAP2000 dengan kombinasi ENVELOPE didapatkan gaya-gaya maksimum pada kolom sebagai berikut:



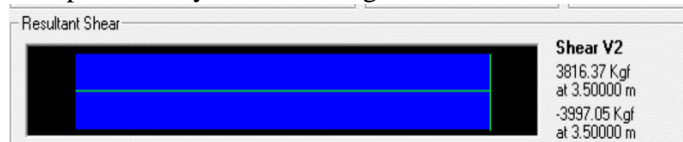
Didapatkan $P_u = 1182394,4 \text{ kg}$



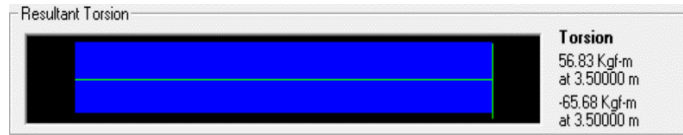
Didapatkan $M_{ux} = 10384.02 \text{ kg.m}$



Didapatkan $M_{uy} = 84691.18 \text{ kg.m}$



Didapatkan $V_u = 3997,05 \text{ kg.m}$



Didapatkan $T_u = 65,68 \text{ kg.m}$

6.2.3.2. Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa

- Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.6.1) bahwa gaya aksial terfaktor maksimum yang berkerja pada kolom harus melebihi $\frac{A_g \cdot f_c'}{10}$.

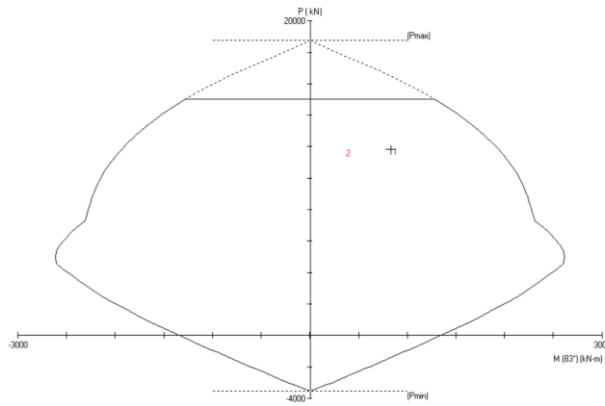
$$\frac{(850 \times 850) \cdot 35}{10} = 2528750 \text{ N} = 252875 \text{ kg}$$

$$P_u = 1182394,4 \text{ kg} > \frac{A_g \cdot f_c'}{10} = 252875 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

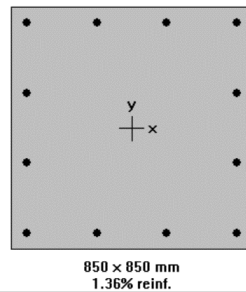
- Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.6.1.1 bahwa sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300mm. Sisi terpendek kolom = 850mm > 300mm (OK)
- Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.6.1.2 bahwa rasio penampang tidak kurang dari 0,4. Rasio antara b dan h = 850mm : 850mm = 1 > 0,4 (OK)

6.2.3.3. Menentukan Tulangan Longitudinal Penahan Lentur

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.6.3.1 bahwa luas tulangan longitudinal dibatasi tidak boleh kurang dari 0,01 . A_g atau lebih dari 0,06 . A_g . Untuk mendapatkan konfigurasi tulangan memanjang, digunakan program bantu pca Column dan didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 6. 6 Diagram Interaksi P-M pada program PcaColumn



Gambar 6. 7 Konfigurasi Penulangan Kolom pada Program PcaColumn

Dengan memasukkan gaya-gaya yang ada pada kolom, didapatkan konfigurasi penulangan 12-D 32 untuk menahan gaya-gaya yang ada pada kolom dengan $\rho = 1,36\%$ atau 0,0136 sehingga nilai $0,01 < \rho < 0,06$ telah terpenuhi.

6.2.3.4. Cek Syarat “Strong Column Weak Beam”

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.6.2.2 bahwa kekuatan kolom harus memenuhi nilai $\sum M_c \geq 1,2 \sum M_g$, dimana:

$\sum M_c$ = jumlah Mn dua kolom yang bertemu di join

$\sum M_g$ = jumlah Mn dua balok yang bertemu di join (termasuk sumbangan tulangan pelat di selebar efektif pelat lantai).

Untuk perhitungannya sebagai berikut:

- a. Menentukan $\sum M_g$

As tul. Lentur atas balok = 10 D32 = 8042 mm²

As tul. Lentur bawah balok = 5 D 32 = 4021 mm²

d = 681 mm

- Menentukan Mg^+ dan Mg^-

$$\alpha^+ = \frac{As, fy}{0,85 \cdot f'c' b} = \frac{4021 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 600} = 90,1 \text{ mm}$$

$$Mg^+ = \phi \cdot As \cdot fy \left(d - \frac{\alpha}{2} \right)$$

$$Mg^+ = 0,9 \cdot 4021 \cdot 400 \cdot \left(681 - \frac{90,1}{2} \right)$$

$$Mg^+ = 920621873 \text{ N.mm}$$

$$Mg^+ = 920,62 \text{ kN.m}$$

$$\alpha^- = \frac{As, fy}{0,85 \cdot f'c' b} = \frac{8042 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 600} = 180 \text{ mm}$$

$$Mg^- = \phi \cdot As \cdot fy \left(d - \frac{\alpha}{2} \right)$$

$$Mg^- = 0,9 \cdot 8042 \cdot 400 \cdot \left(681 - \frac{180}{2} \right)$$

$$Mg^- = 1710793785 \text{ N.mm}$$

$$Mg^- = 1710,79 \text{ kN.m}$$

Maka:

$$\sum M_g = M_g^+ + M_g^- = 920,62 + 1710,79 = 2631,42 \text{ kN.m}$$

$$1,2 \sum M_g = 1,2 \cdot 2631,42 = 3158 \text{ kN.m}$$

b. Menentukan $\sum M_c$

Untuk menentukan nilai M_c didapatkan dari diagram interaksi P-M antara kolom atas dengan kolom bawah/kolom desain dengan program bantu pcaColumn. Untuk gaya-gaya yang terjadi pada kolom atas (frame 1915) adalah sebagai berikut:



Didapatkan P_u pada kolom atas = 1175111,6 kg = 11751,116 kN

Dari diagram interaksi kolom atas dan kolom bawah didapatkan:

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities: (see user's manual for notation)						
No.	P_u kN	M_{ux} kN-m	M_{uy} kN-m	f_{Mnx} kN-m	f_{Mny} kN-m	f_{Mn}/M_u
1	11823.9	0.0	0.0	1952.8	0.0	999.999
2	11751.1	0.0	0.0	1963.8	0.0	999.999

Dari hasil Output pcaColumn diatas, didapatkan nilai M_c kolom bawah dan M_c kolom atas yaitu sebagai berikut:

M_c kolom bawah = 1952,8 kN.m

M_c kolom atas = 19963,8 kN.m

$$\sum M_c = M_{c_{bawah}} + M_{c_{atas}}$$

$$\sum M_c = 1952,8 + 19963,8$$

$$\sum M_c = 3917 \text{ kN.m}$$

Maka dilakukan cek syarat $\sum M_c \geq 1,2 \sum M_g$

$$3917 \text{ kN.m} \geq 3158 \text{ kN.m} \quad (\text{OK})$$

Maka syarat “*strong column weak beam*” telah memenuhi.

6.2.3.5. Perhitungan Tulangan Transversal sebagai *Confinement*

- a. Tentukan daerah pemasangan tulangan Senggang persegi (*hoop*). Tulangan *hoop* diperlukan sepanjang ℓ_0 dari ujung-ujung kolom dengan ℓ_0 merupakan nilai terbesar berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.1:
 - Tinggi komponen struktur pada muka joint, $h = 850 \text{ mm}$
 - $1/6$ bentang bersih komponen struktur kolom:
 - $\frac{1}{6} \cdot \ell_n = \frac{1}{6} \cdot (3500 - 850) = 458,3 \text{ mm}$
 - 450 mm

Dengan demikian $\ell_0 = 850 \text{ mm}$ (dipilih nilai yang terbesar)

- b. Tentukan spasi maksimum *hoop*, S_{max} pada daerah sepanjang ℓ_0 dari ujung-ujung kolom. Nilai S_{max} merupakan nilai terbesar berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.3:
 - $\frac{1}{4}$ dimensi penampang kolom = $\frac{1}{4} \cdot 850 = 212,5 \text{ mm}$
 - $6 \cdot D_b = 6 \cdot 32 = 192 \text{ mm}$
 - $S_o = 100 + \frac{350 - (0,5 \cdot hx)}{3}$,
dimana $hx = \frac{850 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 32)}{3} = 235 \text{ mm}$

$$S_0 = 100 + \frac{350 - (0,5 \cdot 235)}{3} = 177mm$$

Namun nilai S_0 tidak perlu diambil kurang dari 100mm dan tidak lebih dari 150mm.

Maka dicoba diambil spasi *hoop* sepanjang ℓ_0 dari muka kolom sebesar $s = 100mm$

c. Penentuan luas tulangan *confinement*

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.4 bahwa untuk daerah sepanjang ℓ_0 dari ujung-ujung kolom total luas penampang *hoop* tidak boleh kurang dari salah satu yang terbesar diantara:

$$A_{sh1} = 0,3 \cdot \left(\frac{s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_{yt}} \right) \cdot \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \text{ dan } A_{sh2}$$

$$A_{sh1} = \frac{0,09 \cdot s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_{yt}}$$

Dimana:

b_c = lebar penampang inti beton

$$b_c = b - 2(t + 0,5 \text{ db})$$

$$b_c = 850 - 2(40 + 0,5 \cdot 16) = 754mm$$

A_{ch} = luas penampang inti beton

$$A_{ch} = (bw - 2t) \cdot (bw - 2t)$$

$$A_{ch} = (850 - 2 \cdot 40) \cdot (850 - 2 \cdot 40)$$

$$A_{ch} = 592900 \text{ mm}^2$$

Maka :

$$A_{sh1} = 0,3 \cdot \left(\frac{100 \cdot 754 \cdot 35}{240} \right) \cdot \left(\frac{722500}{592900} - 1 \right)$$

$$A_{sh1} = 432,6mm^2$$

$$A_{sh2} = \frac{0,09 \cdot 100 \cdot 754 \cdot 35}{240} = 594 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan $A_{sh2} = 594mm^2$,karena nilai yang terbesar.

Digunakan Sengkang (hoop) 3 kaki D 16 – 100mm
 $Ash = 603 \text{ mm}^2 > Ash2 = 594 \text{ mm}^2$ (OK)

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.5 bahwa untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi ℓ_0 di masing-masing ujung kolom) diberi *hoops* dengan spasi minimum yaitu:

- $6db = 6 \cdot 32 = 192 \text{ mm}$
- 150mm

Maka digunakan $s = 150 \text{ mm}$

Sehingga digunakan spasi 3 kaki D16-150mm untuk daerah diluar ℓ_0 .

6.2.3.6. Perhitungan Gaya Geser Desain, V_e

Berdasarkan SNI 247-2013 pasal 21.6.5.1 bahwa gaya geser desain yang digunakan tidak perlu lebih besar dari nilai berikut:

$$V_{sway} = \frac{M_{prb_atas} \cdot DF_{atas} + M_{prb_bawah} \cdot DF_{bawah}}{\ell_n}$$

Namun tidak boleh lebih dari hasil V_u hasil analisis struktur.

a. Hitung V_{sway}

$$V_{sway} = \frac{M_{prb_atas} \cdot DF_{atas} + M_{prb_bawah} \cdot DF_{bawah}}{\ell_n}$$

Dimana:

DF = factor distribusi momen di bagian atas dan bawah kolom yang didesain

Karena kolom di lantai atas dan lantai bawah mempunyai kekakuan yang sama maka, $DF_{atas} = DF_{bawah} = 0,5$

Untuk Mpr atas dan Mpr bawah adalah penjumlahan Mpr untuk masing-masing balok di lantai atas dan lantai bawah di muka kolom interior.

$$V_{sway} = \frac{3541,5 \cdot 0,5 + 3541,5 \cdot 0,5}{2,75} = 1288 \text{ kN}$$

- b. Hitung V_u akibat gaya geser terfaktor hasil analisis struktur (menggunakan program bantu SAP2000). Dari program SAP2000 didapatkan gaya geser maksimum pada kolom yang ditinjau yaitu sebesar: $V_u = 3997,05 \text{ kg} = 39,97 \text{ kN}$

Karena nilai $V_{sway} = 1288 \text{ kN} > 39,97 \text{ kN}$, maka dipakai nilai $V_e = 1288 \text{ kN}$

- c. Cek kontribusi beton dalam menahan gaya geser, V_c
Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.6.5.2, kontribusi beton akan diabaikan dalam menahan gaya geser rencana apabila:

- Apabila nilai $V_e > \frac{1}{2} V_u$

$$1288 \text{ kN} > \frac{39,97 \text{ kN}}{2}$$

$$1288 \text{ kN} > 19,98 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

- Apabila $P_u < \frac{A_g \cdot f_c'}{10}$

$$11823,944 \text{ kN} < 2528,75 \text{ kN} \quad (\text{No OK})$$

Karena terdapat nilai yang tidak memenuhi, maka kontribusi V_c dapat diperhitungkan, sehingga:

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{35} \cdot 850 \cdot 681$$

$$V_c = 652,1 \text{ kN}$$

- d. Hitung kebutuhan tulangan transversal untuk menahan gaya geser rencana.

$$\frac{Vu}{\phi} = \frac{39,97}{0,75} = 53,3 \text{ kN}$$

$$\frac{Vc}{2} = \frac{652,1}{2} = 326 \text{ kN}$$

$$\frac{Vu}{\phi} > \frac{Vc}{2}$$

$$53,3 \text{ kN} < 326 \text{ kN}$$

(tidak perlu tulangan geser)

Pengecekan apakah cukup dipasang tulangan geser minimum:

$$\frac{Vu}{\phi} = \frac{39,97}{0,75} = 53,3 \text{ kN}$$

$$Vc + \frac{1}{3}bw.d$$

$$652,1 + \frac{1}{3} \cdot 850 \cdot \left(850 - 40 - 16 - \frac{32}{2}\right) = 872,5 \text{ kN}$$

$$\frac{Vu}{\phi} < Vc + \frac{1}{3}bw.d$$

$$53,3 \text{ kN} < 872,5 \text{ kN}$$

(Tul. Geser minimum cukup)

Karena sebelumnya telah dipasang tulangan confinement 3 kaki D16-100 maka:

$$Av_{min} = \frac{bw \cdot s}{3 \cdot fy} = \frac{850 \cdot 100}{3 \cdot 400} = 70,8 \text{ mm}^2$$

$$Ash = 804,2 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka, } Ash > Av_{min} \quad (\text{OK})$$

Untuk daerah di luar ℓ_0 , berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.2.1.2 memberikan harga V_c bila ada gaya aksial yang bekerja, yaitu:

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{Nu}{14 \cdot Ag}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{11823944}{14 \cdot (850 \cdot 850)}\right) \cdot 1.850.778$$

$$= 1442551N$$

$$V_c = 1442,5 \text{ kN}$$

$$\frac{V_u}{\phi} = 53,3 \text{ kN} < V_c = 1442,5 \text{ kN}$$

Karena nilai $\frac{V_u}{\phi} < V_c$, maka untuk bentang kolom diluar ℓ_0 , maka tulangan Senggang tidak dibutuhkan untuk geser pada bentang tersebut, tetapi hanya untuk *confinement*.

6.2.3.7. Perhitungan Sambungan Lewatan

Karena seluruh tulangan pada sambungan lewatan disalurkan pada lokasi yang sama, maka sambungan lewatan yang digunakan tergolong kelas B. untuk sambungan kelas B Panjang minimum sambungan lewatannya adalah $1,3\ell_d$. Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.2.2 dimana $\ell_d = 48. db$:

Diketahui nilai $db = 32\text{mm}$

$$\text{Maka } 1,3 \cdot \ell_d = 1,3 \cdot 48 \cdot 32 = 1996,8\text{mm}$$

Namun berdasarkan SNI 2857-2013 pasal 12.17.2.4 bahwa nilai $1,3 \cdot \ell_d$ dapat dikurangi dengan dikalikan 0,83, jika *confinement* di sepanjang lewatan mempunyai area efektif yang tidak kurang dari 0,0015 h . s:

Dimana:

$$S = 150\text{mm}$$

$$\text{Area efektif} = 0,0015 \cdot 850 \cdot 150 = 191,3 \text{ mm}^2$$

$$\text{Area hoops} = 530,92 \text{ mm}^2$$

Dengan demikian , lap splices = $0,83 \cdot 1996,8 = 1657$ mm

Diambil nilai lap splices 1,7 m

6.2.4 Desain Hubungan Balok-Kolom (HBK)

Pada penulangan perhitungan desain dan detail penulangan hubungan balok-kolom, yang merupakan tempat pertemuan komponen struktur balok dan kolom yang telah di desain sebelumnya.

6.2.4.1. Cek syarat Panjang Joint

Dimensi kolom yang sejajar dengan tulangan balok, tidak boleh kurang dari 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.7.2.3 .

$$b=h= 850\text{mm}$$

$$20.d_b = 20 \cdot 32 = 640\text{mm} < 850\text{mm} \quad (\text{OK})$$

6.2.4.2. Menentukan Luas Efektif Joint , A_j

A_j merupakan perkalian tinggi joint dengan lebar joint efektif berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.7.4.1:

Lebar balok, $b= 600$ mm

Tinggi kolom, $h= 850$ mm

$$x = \frac{850 - 600}{2} = 125\text{mm}$$

Tinggi joint= tinggi keseluruhan kolom= 850mm

Lebar joint efektif merupakan nilai yang terkecil dari:

- $b+h=600+850=1450\text{mm}$
- $b+2x=600+(2 \cdot 125)=850\text{mm}$

Maka lebar efektif joint dipakai sebesar $= b = 850\text{mm}$

Maka A_j = tinggi joint x lebar efektif joint

$$A_j=850\text{mm} \times 850\text{mm}=722500\text{mm}^2$$

6.2.4.3. Hitung Tulangan Transversal untuk *Confinement*

Untuk joint interior, jumlah tulangan *confinement* setidaknya setengah dari tulangan *confinement* yang dibutuhkan di ujung-ujung kolom. Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.7.3.2 bahwa spasi vertical tulangan *confinement* diizinkan untuk diperbesar hingga 150mm.

$$\frac{A_{sh}}{s} joint = 0,5 \cdot \frac{A_{sh}}{s} kolom = 0,5 \frac{594}{100} = 2,97mm$$

$$A_{sh} = 2,97 \cdot 150 = 445,3 mm^2$$

Diapakai Sengkang 3 kaki D16 $A_s = 603mm^2$

$A_{sh} < A_s$ pakai (OK)

6.2.4.4. Hitung Gaya Geser pada Joint

- Hitung M_e

Balok yang memasuki joint, memiliki:

$$M_{pr}^+ = 1255,99 kNm$$

$$M_{pr}^- = 2285,51 kNm$$

Karena kekakuan antara kolom atas dengan bawah sama, maka nilai DF adalah sama yakni $DF = 0,5$. Sehingga:

$$M_e = 0,5 \cdot (1255,99kNm + 2285,51kNm)$$

$$M_e = 1771 kNm$$

- Hitung geser pada kolom atas

$$V_{sway} = \frac{M_e + M_e}{\ell_u} = \frac{1771kNm + 1771kNm}{2,75m} = 1288kN$$

- Menghitung gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal

- Gaya Tarik pada tulangan balok dibagian kiri

Jika terdapat tulangan Tarik 10 D32 maka $A_s = 8042,48 mm^2$

$$T1 = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y = 1,25 \cdot 8042,48 \cdot 400$$

$$T1 = 4021238,6 N = 4021,23 kN$$

- Gaya tekan yang bekerja pada balok arah kiri

$$C1 = T1 = 4021,23 kN$$

- Gaya Tarik pada tulangan balok di bagian kanan
Jika terdapat tulangan Tarik 8 D32 maka
 $A_s = 6433,98 \text{ mm}^2$
 $T_2 = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y = 1,25 \cdot 6433,98 \cdot 400$
 $T_2 = 3216990,88 \text{ N} = 3216,99 \text{ kN}$
- Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kanan
 $C_2 = T_2 = 3216,99 \text{ kN}$

- Menghitung gaya geser pada joint

$$V_j = V_{\text{sway}} - T_1 - C_2$$

$$V_j = 1288-4021,23-3216,99 = 5950,41 \text{ kN}$$

6.2.4.5. Cek Kuat Geser Joint

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.7.4.1 bahwa kuat geser joint yang dikekang di keempat sisinya adalah:

$$V_n = 1,7 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot A_j$$

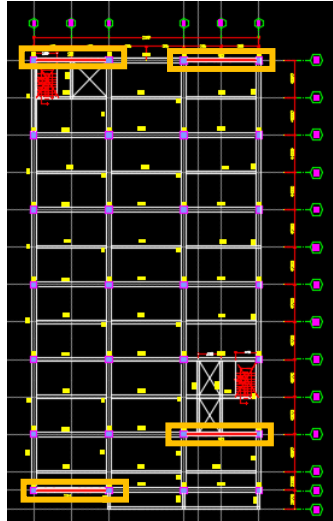
$$V_n = 1,7 \cdot \sqrt{35} \cdot 722500 = 7266425 \text{ N}$$

$$V_n = 7266,42 \text{ kN}$$

$$V_n = 7266,42 \text{ kN} > V_j = 5950,41 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

6.2.5 Analisa Struktur Dinding Geser (Shearwall)

Pada bangunan yang ditinjau terdapat 4 shearwall seperti terlihat pada denah dibawah ini:



6.2.5.1. Data Rencana

Tebal dinding	= 350 mm
Panjang total	= 8850mm
Panjang badan	= 8850mm-(2x850mm)
	= 7150mm
Tinggi total dinding	= 47400 mm
Selimut beton	= 40 mm
Mutu beton f_c'	=35 Mpa
Mutu baja f_y	=400 Mpa
Tul. Longitudinal	= D16
Tul. Geser pakai	= D16

Dari program bantu SAP2000, diperoleh gaya-gaya maksimum yang terjadi pada shearwall (kombinasi ENVELOPE) yaitu sebagai berikut:

Tabel 40 Hasil Perhitungan SAP2000 pada SCUT1

TABLE: Section Cut Forces - Design									
SectionCut	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
SCUT1	ENVELOPE	Combination	Max	11668.374	1293.438	148.628	-17.1266	-570.861	9485.426
SCUT1	ENVELOPE	Combination	Min	3528.052	-724.736	-173.709	-49.6596	523.1307	-8814.2898

Didapatkan dari table diatas yaitu:

$$P_u = 11668,374 \text{ kN}$$

$$V_u = 1293,438 \text{ kN}$$

$$M_u = 9485.426$$

6.2.5.2. Kontrol Ketebalan Geser

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.9.4.4 bahwa kuat geser nominal tiap dinding individual tidak boleh melebihi:

$$0,83 \cdot A_{cw} \cdot \sqrt{f_c'}$$

Dimana:

A_{cw} = luas penampang dinding yang ditinjau

A_{cw} = tebal dinding x (0,8 . Panjang badan)

$$A_{cw} = 350 \text{ mm} \times 0,8 \times 7150 \text{ mm}$$

$$A_{cw} = 2502500 \text{ mm}^2$$

$$0,83 \cdot A_{cw} \cdot \sqrt{f_c'} = 0,83 \cdot 2502500 \cdot \sqrt{35}$$

$$0,83 \cdot A_{cw} \cdot \sqrt{f_c'} = 12288140 \text{ N} = 12288,14 \text{ kN}$$

$$12288,14 \text{ kN} > V_u = 1293,438 \text{ kN}$$

Maka , ketebalan dinding geser mampu untuk menahan geser.

6.2.5.3. Kebutuhan Tulangan Vertikal dan Horizontal Minimum

1. Rasio tulangan minimum

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.9.2.1, apabila nilai $V_u > 0,83 \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c'}$, maka ρ_{min} tulangan horizontal dan vertical adalah 0,0025.

$$A_{cv} = \text{Panjang badan} \times \text{tebal dinding} \\ = 7150 \text{ mm} \times 350 \text{ mm} = 2502500 \text{ mm}^2$$

$\lambda = 1$ (untuk beton normal)

$$0,83 \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c'} = 0,83 \cdot 2502500 \cdot \sqrt{35}$$

$$0,83 \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c'} = 1228810 \text{ N} = 1228,81 \text{ kN}$$

$$1228,81 \text{ kN} < V_u = 1293,438 \text{ kN},$$

Maka untuk nilai $\rho_{min} = 0,0025$

2. Cek kebutuhan lapis tulangan

Berdasarkan SNI 2847 2013 pasal 21.9.2.2, apabila $V_u > 0,17 \cdot A_{cv} \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}$, maka dibutuhkan 2 lapis tulangan.

$$0,17 \cdot A_{cv} \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} = 0,17 \cdot 2502500 \cdot 1 \cdot \sqrt{35}$$

$$0,17 \cdot A_{cv} \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} = 2516850 \text{ N} = 2516,85 \text{ kN}$$

$$2516,85 \text{ kN} > V_u = 1293,438 \text{ kN},$$

maka perlu satu lapis tulangan. Namun dalam pemasangan akan tetap dipasang 2 lapis tulangan.

3. Perhitungan tulangan longitudinal dan transversal

Luas minimal tulangan per meter Panjang:

$$350 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} = 350000 \text{ mm}^2$$

Luas minimal kebutuhan tulangan per meter Panjang arah longitudinal dan transversal:

$$A_s \text{ min} = 0,0025 \cdot 350000 \text{ mm}^2 = 875 \text{ mm}^2 / \text{m} = 0,875 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

Apabila digunakan tulangan 2 D16 dengan $A_s = 402,12 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan,

$$s = \frac{As}{As \text{ min}} = \frac{401,92}{0,875} = 459,337 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan 2 D16 – 400 pada arah horizontal dan vertikal.

6.2.5.4. Kuat Geser Dinding Struktural

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.9.4.1 bahwa kuat geser nominal dinding dapat dihitung sebagai berikut:

$$Vn = Acv \cdot (\alpha_c \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} + \rho_t + fy)$$

dimana:

$$\alpha_c = 0,25 \text{ untuk } hw/lw \leq 1,5$$

$$\alpha_c = 0,17 \text{ untuk } hw/lw \geq 2,0$$

α_c = variative sevara linier antara 0,25 dan 0,17 untuk hw/lw antara 1,5 dan 2,0

$$\frac{hw}{lw} = \frac{\text{tinggi total dinding}}{\text{panjang dinding}}$$

$$\frac{hw}{lw} = \frac{47400\text{mm}}{7150\text{mm}} = 6,6$$

Karena nilai $hw/lw > 2,0$ maka $\alpha_c = 0,17$

Pada dinding terdapat tulangan transversal dengan konfigurasi 2D16-400. Rasio tulangan transversal terpasang adalah:

$$\rho_t = \frac{As}{s \cdot t} = \frac{401,92}{400 \cdot 350} = 0,00287 > 0,0025 \quad (\text{OK})$$

Menghitung kuat geser nominal pada dinding:

$$Vn = 2502500\text{mm}^2 \cdot (0,17 \cdot \sqrt{35} + 0,00287 \cdot 400\text{Mpa})$$

$$Vn = 5390580 \text{ N} = 5390,58 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,75 \cdot 5390,58 \text{ kN} = 4042,93 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 4042,93 \text{ kN} > V_u = 1293,438 \quad (\text{OK})$$

Maka dinding cukup kuat menahan geser.

Namun, pada SNI 2847-2013 pasal 21.9.4.4 bahwa kuat geser nominal maksimum yang terjadi dibatasi yakni sebesar:

$$V_n \text{ maks} = 0,83 \cdot A_{cw} \cdot \sqrt{f'c'}$$

$$V_n \text{ maks} = 0,83 \cdot 2502500 \text{ mm}^2 \cdot \sqrt{35}$$

$$V_n \text{ maks} = 10509261 \text{ N} = 10509,261 \text{ kN}$$

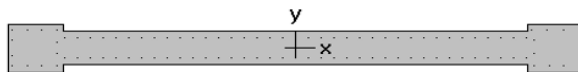
Karena $\phi V_n < V_n \text{ maks}$, maka dipakai yang terkecil yaitu = 4042,93 kN

6.2.5.5. Perencanaan Dinding terhadap Kombinasi Gaya Aksial dan Lentur

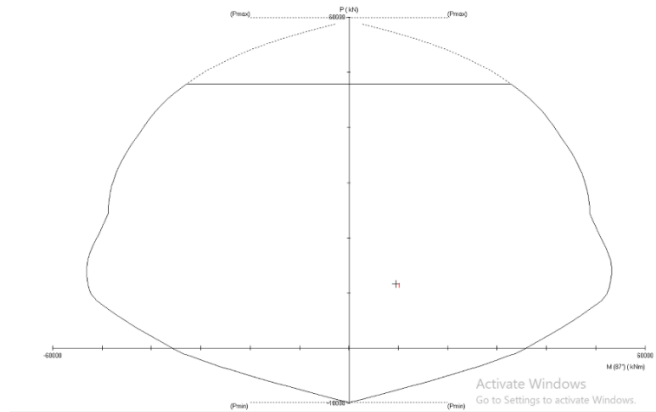
Kuat lentur dinding struktur diperoleh dengan membuat diagram interaksi dari dinding tersebut menggunakan program bantu SpColumn. Gaya gaya yang dimasukkan adalah gaya yang terdapat pada dinding yaitu:

$$P_u = 11668,374 \text{ kN}$$

$$M_u = 9485,426 \text{ kN}$$



Gambar 6.5 Bentuk Penampang Dinding Geser



Gambar 6. 8 Diagram Interaksi Dinding Struktural pada SpColumn

Dapat dilihat pada diagram interaksi diatas bahwa dinding structural mampu menahan gaya aksial dan momen yang terjadi menggunakan konfigurasi penulangan 2D16-400.

6.2.5.6. Pemeriksaan Terhadap Syarat Komponen Batas Khusus (*Special Boundary Element*)

Untuk pemeriksaan terhadap kebutuhan *Special Boundary Element* dihitung menggunakan pendekatan tegangan, yaitu:

Luas dinding bruto:

$$A_g = (350\text{mm} \times 6600\text{mm}) + 2 \times (850\text{mm} \times 850\text{mm})$$

$$A_g = 2504200 \text{ mm}^2 = 2,5042 \text{ m}^2$$

$$I_g = \frac{1}{12} \cdot 350\text{mm} \cdot (7150\text{mm})^3$$

$$= 10661171354167 \text{ mm}^4$$

$$I_g = 10,66 \text{ m}^4$$

$$y = \frac{\text{panjang badan}}{2} = \frac{7150\text{mm}}{2} = 3575\text{mm}$$

$$y = 3,575m$$

Daerah tekan harus diperkuat dengan elemen khusus pembatas apabila:

$$\frac{Pu}{Ag} + \frac{Mu \cdot y}{Ig} > 0,2 f'c'$$

$$\frac{11668,374kN}{2,5042} + \frac{9485,426kN \cdot 3,575m}{10,66 m^4} > 0,2 \cdot 35$$

$$7,8 \text{ kN/m}^2 > 7 \text{ Mpa}$$

Maka diperlukan *Special Boundary Element* di daerah tekan pada dinding.

6.2.5.7. Penentuan Panjang *Special Boundary Element*

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.9.6.4, *Special Boundary Element* harus dipasang secara horizontal dari sisi serat tekan terluar tidak kurang daripada $c - 0,1 \cdot \ell_w$ dan $c/2$.

Untuk nilai c didapatkan dari SpColumn yaitu sebesar:

Control Points:								
Bending about	Axial Load P kN	X-Moment kNm	Y-Moment kNm	NA depth mm	Dt depth mm	eps_t	Phi	
Y @ Max compression	59925.7	-5.75	-11.50	26370	8790	-0.00200	0.650	
@ Allowable comp.	47940.6	-5.75	43793.86	9378	8790	-0.00019	0.650	
@ fs = 0.0	45043.5	-5.75	51885.24	8790	8790	-0.00000	0.650	
@ fs = 0.5*fy	33694.9	-5.75	72608.45	6593	8790	0.00100	0.650	
@ Balanced point	26184.3	-5.75	78548.92	5274	8790	0.00200	0.650	
@ Tension control	21045.6	-7.96	98570.97	3296	8790	0.00500	0.900	
@ Pure bending	-0.0	10.62	40622.69	735	8790	0.03288	0.900	
@ Max tension	-9875.6	8.26	16.51	0	8790	9.99999	0.900	

Gambar 6. 9 Hasil Control Pints dari Program SpColumn

Digunakan interpolasi dari nilai aksial yang terjadi:

$$P=21045,6 \text{ kN} \rightarrow x=3296\text{mm}$$

$$P= -0\text{kN} \rightarrow x=735\text{mm}$$

Maka untuk nilai $P_u=11668,374 \text{ kN}$ adalah:

$$\begin{aligned}
 c &= 3296\text{mm} \\
 &= \frac{21045,6\text{kN} - 1168,374\text{kN}}{21045,6\text{kN} + 0\text{kN}} \cdot (3296\text{mm} - 735\text{mm}) \\
 c &= 2154,943 \text{ mm} \\
 c - 0,1 \cdot \ell_w &= 2154,943 \text{ mm} - 0,1 \cdot 7150\text{mm} = 1439,94\text{mm} \\
 \frac{c}{2} &= \frac{2154,943\text{mm}}{2} = 1077,47\text{mm} \\
 \text{Dari hasil diatas dipilih yang terbesar yaitu} &= 1439,94 \text{ mm} \\
 \text{Sehingga Panjang yang dipakai untuk } &\textit{special boundary element} \text{ adalah } 1500\text{mm}.
 \end{aligned}$$

Namun, berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.9.6.4(b) mensyaratkan bahwa untuk *shearwall* yang bersayap, komponen batas khususnya harus mencakup lebar efektif sayap pada zona tekan dan harus diperpanjang sedikitnya 300mm ke dalam badan.

Karena dimensi sayap 850mm sedangkan Panjang yang dipakai untuk *special boundary element* adalah 1500mm, maka zona tekan sudah masuk ke dalam daerah badan.

6.2.5.8. Tulangan *Confinement* untuk Dinding Struktural

1. Tulangan longitudinal pada *special boundary element* terdapat 12 D25, sehingga rasio tulangan yang dihasilkan adalah:

$$\rho = \frac{\left(12 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi^2 \cdot (25\text{mm})^2\right)}{(850\text{mm} \cdot 850\text{mm}) + (850\text{mm} \cdot 350\text{mm})}$$

$$\rho = 0,00696$$

Berdasarkan UBC 1997, bahwa rasio tulangan longitudinal minimum pada daerah komponen batas khusus ditetapkan tidak kurang dari 0,005. Jadi tulangan longitudinal terpasang sudah memenuhi syarat minimum.

2. Tulangan *confinement* pada *special boundary element*

Apabila digunakan *hoop* berbentuk persegi berdiameter D16, maka spasi maksimum *hoop* ditentukan oleh yang terkecil diantara:

- $\frac{1}{4}$ Panjang sisi terpendek = $0,25 \cdot 350\text{mm} = 87,5\text{mm}$
- $6 \cdot d_b = 6 \cdot 25 = 150\text{mm}$
- Nilai s_0 , dimana $s_0 = 100 + \frac{350 - 0,5 \cdot h_x}{3}$

Dengan $h_x = 350\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 25 = 220\text{mm}$

$$s_0 = 100 + \frac{350 - 0,5 \cdot 220}{3} = 180\text{mm}$$

Namun, nilai s_0 tidak perlu diambil kurang dari 100mm. maka diambil S maks terkecil yaitu : 100mm

Karakteristik inti penampang:

bc = dimensi inti *core* ,diukur dari sumbu ke sumbu *hoop*

$$bc = 850\text{mm} - (2 \cdot 40\text{mm} + 2 \cdot 16\text{mm}/2) = 754\text{mm}$$

Tulangan *confinement* yang dibutuhkan adalah:

$$Ash = \frac{0,09 \cdot s \cdot bc \cdot f_c'}{f_y}$$

$$Ash = \frac{0,09 \cdot 100\text{mm} \cdot 754\text{mm} \cdot 35\text{Mpa}}{400}$$

$$A_{sh} = 593,78 \text{ mm}^2$$

Apabila digunakan 3 kaki D16 maka:

$$A_s = 3x \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \right) = 602,88 \text{ mm}^2$$

Agar nilai $A_s > A_{sh}$, maka perlu dipasang 3 kaki D16 – 100mm pada daerah *special boundary element*.

3. Tulangan *confinement* pada badan penampang dinding struktural

Untuk tulangan pada daerah badan dinding struktural, dicoba menggunakan tulangan berbentuk persegi dengan D16.

Mencari nilai S maks:

- $\frac{1}{4}$ Panjang sisi terpendek = $0,25 \cdot 350 \text{ mm} = 87,5 \text{ mm}$
- $6 \cdot d_b = 6 \cdot 16 = 96 \text{ mm}$
- Nilai s_0 , dimana $s_0 = 100 + \frac{350 - 0,5 \cdot h_x}{3}$

Dengan $h_x = 350 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 2 \times 16 = 238 \text{ mm}$

$$s_0 = 100 + \frac{350 - 0,5 \cdot 220}{3} = 177 \text{ mm}$$

Namun, nilai s_0 tidak perlu diambil kurang dari 100mm. maka diambil S maks terkecil yaitu : 100mm

- Untuk tulangan *confinement* pada arah sejajar dinding struktural, digunakan D16-100
 bc = dimensi inti *core* ,diukur dari sumbu ke sumbu *hoop*
 $bc = 350 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm} + 2 \cdot 16 \text{ mm} / 2) = 254 \text{ mm}$
 Tulangan *confinement* yang dibutuhkan:

$$A_{sh} = \frac{0,09 \cdot s \cdot bc \cdot f'c'}{f_y}$$

$$= \frac{0,09 \cdot 100mm \cdot 254mm \cdot 35Mpa}{400}$$

$$A_{sh} = 200mm^2$$

Apabila digunakan 2kaki D16, maka:

$$A_s = 2x \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 mm)^2 \right) = 401,92mm^2$$

$$A_s > A_{sh} \quad (\text{OK})$$

Maka, pada arah sejajar dinding geser dapat dipasang 2 kaki D16-100.

- Untuk tulangan *confinement* pada arah tegak lurus dinding struktural digunakan D16-100

bc= dimensi inti *core* ,diukur dari sumbu ke sumbu *hoop*

$$bc = 350mm + (2 \cdot 40mm + 2 \cdot 16mm/2) = 366mm$$

Tulangan *confinement* yang dibutuhkan:

$$A_{sh} = \frac{0,09 \cdot s \cdot bc \cdot f'c'}{f_y}$$

$$= \frac{0,09 \cdot 100mm \cdot 366mm \cdot 35Mpa}{400}$$

$$A_{sh} = 288,2mm^2$$

Apabila digunakan 2kaki D16, maka:

$$A_s = 2x \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 mm)^2 \right) = 401,92mm^2$$

$$A_s > A_{sh} \quad (\text{OK})$$

Maka, pada arah tegak lurus dinding geser dapat dipasang 2 kaki D16-100.

6.2.5.9. Panjang Penyaluran Tulangan

Untuk Panjang penyaluran tulangan D16 yang dibutuhkan, ℓ_d diambil dari yang terbesar dari nilai berikut berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.2

Diketahui nilai :

$$db = 16mm$$

$$\psi_t = 1,3$$

$$\psi_e = 1,0$$

$$\psi_s = 1,0$$

$$\lambda = 1,0$$

$$\ell d = \left(\frac{fy \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'}} \right) \cdot db$$

$$\ell d = \left(\frac{400 \cdot 1,3 \cdot 1}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{35}} \right) \cdot 16mm = 827,25mm$$

$$\ell d \approx 900mm$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.9.6.2(b), bahwa penulangan di daerah special boundary element harus menerus secara vertikal dari penampang kritis yang tidak kurang dari yang lebih besar dari $\ell w = 8,85m$ atau $Mu/4 Vu = 1,83 m$. Sehingga diambil yang paling besar yaitu $= 8,85m$.

BAB VII

DESAIN STRUKTUR PONDASI

7.1. Umum

Untuk menentukan dimensi dari poer dan jumlah tiang pancang pada pondasi ,dapat dihitung berdasarkan besarnya gaya yang terjadi pada titik yang ditinjau,sehingga akan menghasilkan pondasi yang efisien. Untuk daerah pondasi rencana adalah sebagai berikut:

7.2. Perhitungan Pondasi

7.2.1. Perhitungan Daya dukung Tanah

1. Data Perencanaan

Apabila diketahui data-data sebagai berikut:

$$f_c' = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\text{Kedalaman rencana} = 30\text{m}$$

$$\text{Diameter tiang pancang} = 0,5\text{m}$$

$$\text{Luas tiang pancang}(A_p) = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (0,5^2) = 0,196 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas selimut tiang} (A_s) = \pi \cdot 0,5 = 1,57 \text{ m}^2$$

$$\text{Safety factor} = 3$$

Untuk tiang pancang yang dipakai adalah tiang pancang PT. ECP Manufacturing dengan tipe 500mm-C dengan data sebagai berikut:

$$\text{Diameter} = 500\text{mm}$$

$$\text{Ketebalan dinding} = 90\text{mm}$$

$$\text{Luas penampang} = 1159 \text{ cm}^2$$

$$\text{Beban Unit} = 301 \text{ kg/m}$$

$$\text{P ijin bahan} = 210 \text{ ton}$$

2. Daya dukung tanah

Dari perhitungan daya dukung tanah yang didapatkan berdasarkan Mayerhof adalah sebagai berikut:

$$Q_u = \frac{q_c \cdot A_p}{FK1} + \frac{\sum l_i f_i \times Ast}{FK2}$$

Dimana:

Q_u = daya dukung ijin tekan tiang

q_c = 20 N untuk silt/clay, dan 40N untuk sand

A_p = luas penampang tiang

Ast = keliling penampang tiang

l_i = Panjang segmen tiang yang ditinjau

f_i = gaya geser pada selimut segmen tiang

= N maksimum 12 ton/ m^2 untuk silt/clay

= N/5 maksimum 10 ton/ m^2 untuk sand

FK1,FK2 = faktor keamanan 3 dan 5

Tabel 41 Daya Dukung Tanah

Tebal Lapisan	Kedalaman Kumulatif	N SPT	f_i	$\sum l_i \cdot f_i$	Q_s (Ton)	20 N	Q_p (Ton)	$Q_u = Q_p + Q_s$ (Ton)	CEK
0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	OK
0.5	0.5	50	10	5	1.571	2000	130.9	132.5	OK
5	5.5	11	11	60	18.85	220	14.399	33.2	OK
6.5	12	27	5.4	95.1	29.88	1080	70.6858	100.6	OK
3	15	13	12	131.1	41.19	260	17.017	58.2	OK
1.3	16.3	37	7.4	140.72	44.21	1480	96.8658	141.1	OK
2.7	19	6	6	156.92	49.3	120	7.85398	57.2	OK
3.3	22.3	25	5	173.42	54.48	1000	65.4498	119.9	OK
1.7	24	27	5.4	182.6	57.37	1080	70.6858	128.1	OK
3.4	27.4	50	10	216.6	68.05	2000	130.9	198.9	OK
2.6	30	50	10	242.6	76.22	2000	130.9	207.1	OK

Didapatkan daya dukung untuk tiang pancang dengan kedalaman 30m dan diameter tiang pancang 0,5m adalah: P ijin tanah = 207,1 ton

Sedangkan P ijin bahan lebih besar dari P ijin tanah, sehingga P ijin yang digunakan adalah **P ijin = 207,1 ton.**

7.2.2. Perhitungan Pondasi Tipe P1

3. Perencanaan Dimensi Poer

Pada perencanaan pondasi tiang pancang (S) menurut “Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa-Jilid 2 (Karl Terzaqhi dan Ralph B. Peck)” menyebutkan bahwa :

Perhitungan jarak antar tiang pancang (S)

$$S \geq 2,5 D$$

$$S \geq 2,5 \times 0,5 \text{ m}$$

$$S \geq 1,25 \text{ m}$$

Maka dipakai $S = 1,25 \text{ m}$

Perhitungan jarak tiang ke tepi poer (S')

$$S' > 1,5 D$$

$$S' > 1,5 \times 0,5 \text{ m}$$

$$S' > 0,75 \text{ m}$$

Maka dipakai $S = 0,75 \text{ m}$

Sehingga total lebar poer:

$$b = 0,75 \text{ m} + 1,25 \text{ m} + 1,25 \text{ m} + 0,75 \text{ m} = 4 \text{ m}$$

Apabila $b = h$, maka $h = 4 \text{ m}$

Untuk tinggi poer direncanakan setebal = 1 m

$$t_s = 75 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan D 32

$$d = 1000 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 32 \text{ mm} - \frac{32 \text{ mm}}{2} = 877 \text{ mm}$$

4. Gaya yang terjadi pada Pondasi

Dari program bantu SAP 2000, diketahui gaya-gaya yang terjadi pada joint 329 yaitu sebagai berikut:

- Akibat beban tetap (1D+1L)

$$P = 911192 \text{ kg}$$

$$M_x = 338,377 \text{ kgm}$$

$$M_y = 1219,498 \text{ kgm}$$

$$\sum P = P + W_{\text{poer}} = 911192 \text{ kg} + 38400 \text{ kg}$$

$$\sum P = 949592 \text{ kg}$$

$$W_{\text{poer}} = 4\text{m} \times 4\text{m} \times 1\text{m} \times 2400 = 38400 \text{ kg}$$

- Akibat beban sementara (1,2D+Ex)

$$P = 1043684,7 \text{ kg}$$

$$M_x = 7926 \text{ kgm}$$

$$M_y = 22155,71 \text{ kgm}$$

$$\sum P = P + W_{\text{poer}} = 1043684,7 \text{ kg} + 38400 \text{ kg}$$

$$\sum P = 1082084,7 \text{ kg}$$

$$W_{\text{poer}} = 4\text{m} \times 4\text{m} \times 1\text{m} \times 2400 = 38400 \text{ kg}$$

- Akibat beban sementara (1,2D+Ey)

$$P = 1045028,7 \text{ kg}$$

$$M_x = 2660,9 \text{ kgm}$$

$$M_y = 70614,3 \text{ kgm}$$

$$\sum P = P + W_{\text{poer}} = 1043684,7 \text{ kg} + 38400 \text{ kg}$$

$$\sum P = 1083428,7 \text{ kg}$$

$$W_{\text{poer}} = 4\text{m} \times 4\text{m} \times 1\text{m} \times 2400 = 38400 \text{ kg}$$

5. Perhitungan Kebutuhan Tiang Pancang

$$np = \frac{P}{P_{all}}$$

Dimana:

np = jumlah tiang

P = gaya aksial yang terjadi (1D+1L)

P_{all} = daya dukung ijin

$$np = \frac{949592 \text{ kg}}{207,1 \text{ ton} \times 1000} = 5, \text{ namun digunakan 9 buah.}$$

6. Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Efisiensi

Berdasarkan rumus *converse-Labbarre* dari *Uniform Building Code ASTHO*, perhitungan efisiensi adalah:

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n}$$

Dimana:

E_g = efisiensi kelompok tiang

θ = arc tg (D/s) (derajat)

D = ukuran penampang tiang

s = jarak antar tiang (as ke as)

m = jumlah tiang dalam kolom

n = jumlah tiang dalam baris

$$\theta = \text{arc tg} \cdot \frac{0,5m}{1,25m} = 21,8$$

$$E_g = 1 - 21,8 \frac{(3-1)3 + (3-1)3}{90 \cdot 3 \cdot 3} = 0,68$$

Maka daya dukung vertical kelompok adalah:

$$E_g \cdot \text{Daya dukung} \cdot np = 0,68 \cdot 207,1 \cdot 9$$

$$= 1261,98 \text{ ton tiang telah memenuhi.}$$

$$1261,98 \text{ ton} > P_u = 949,6 \text{ ton} \quad (\text{OK})$$

7. Beban Maksimum Tiang pada Kelompok Tiang

$$P_{maks} = \frac{P_u}{np} \pm \frac{M_y \cdot X_{max}}{n_y \sum X^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{max}}{n_x \sum Y^2}$$

Dimana :

P_{maks} = beban maksimum tiang

P_u = gaya aksial yang terjadi (terfaktor)

M_y = momen yang berkerja tegak lurus sumbu y

M_x = momen yang berkerja tegak lurus sumbu x

X_{max} = jarak tiang arah sumbu x terjauh

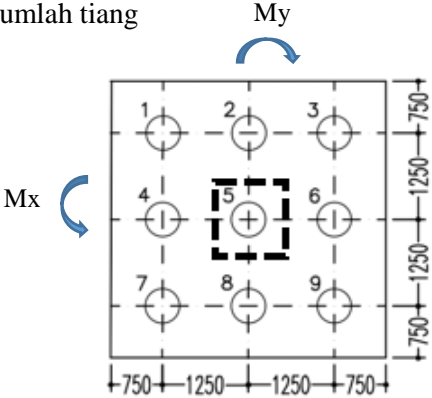
Y_{max} = jarak tiang arah sumbu y terjauh

$\sum X^2$ = jumlah kuadrat X

$\sum Y^2$ = jumlah kuadrat Y

n_x = banyak tiang dalam satu baris arah sumbu x

ny = banyak tiang dalam satu baris arah sumbu y
np = jumlah tiang



Gambar 7. 1 Gaya yang terjadi pada Poer dan Tiang Pancang P1

Tabel 42 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat P1

Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang				
No.	x	x2	y	y2
1	-1.25	1.5625	-1.25	1.5625
2	0	0	1.25	1.5625
3	1.25	1.5625	-1.25	1.5625
4	-1.25	1.5625	0	0
5	0	0	0	0
6	1.25	1.5625	0	0
7	-1.25	1.5625	1.25	1.5625
8	0	0	1.25	1.5625
9	1.25	1.5625	1.25	1.5625
	$\sum x$	9.375	$\sum y$	9.375

a. Perhitungan Akibat Beban Tetap (1D+1L)

$$P_{maks} = \frac{91192kg}{9} \pm \frac{1219,498kg.m \cdot 1,25m}{3.9,375m^2} \\ \pm \frac{338,377kg.m \cdot 1,25m}{3.9,375m^2}$$

$$P1 = 101,282 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

$$P2 = 101,204 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

$$P3 = 101,174 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

$$P4 = 101,312 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

b. Perhitungan Akibat Beban Sementara (1,2D+Ex)

$$P_{maks} = \frac{1082084,7 \text{ kg}}{9} \pm \frac{22155,71kg.m \cdot 1,25m}{3.9,375m^2} \\ \pm \frac{7926 \text{ kg.m} \cdot 1,25m}{3.9,375m^2}$$

$$P1 = 116,597 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

$$P2 = 115,332 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

$$P3 = 114,628 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

$$P4 = 117,302 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

c. Perhitungan Akibat Beban Sementara (1,2D+Ey)

$$P_{maks} = \frac{1083428,7 \text{ kg}}{9} \pm \frac{70614,3 \text{ kg.m} \cdot 1,25m}{3.9,375m^2} \\ \pm \frac{2660,9 \text{ kg.m} \cdot 1,25m}{3.9,375m^2}$$

$$P1 = 119,134 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

$$P2 = 113,094 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

$$P3 = 112,857 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

$$P4 = 119,372 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

8. Cek Perhitungan Geser Satu Arah pada Poer

Gaya geser yang berkerja pada penampang kritis adalah:

$$Vu = \sigma \cdot L \cdot G'$$

Dimana:

V_u = gaya geser

σ = tegangan tanah yang terjadi

L = Panjang pondasi

G' = daerah pembebanan yang diperhitungkan untuk geser satu arah

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{1045028,7 \text{ kg}}{4 \text{ m} \cdot 4 \text{ m}}$$

$$\sigma = 65314 \text{ kg/m}^2 = 65,314 \text{ ton/m}^2$$

$$G' = L - \left(\frac{L}{2} + \frac{\text{lebar kolom}}{2} + d \right)$$

$$G' = 4000 \text{ mm} - \left(\frac{4000 \text{ mm}}{2} + \frac{850 \text{ mm}}{2} + 877 \text{ mm} \right)$$

$$G' = 698 \text{ mm} = 0,698 \text{ m}$$

Maka,

$$V_u = 65,314 \text{ ton/m}^2 \cdot 4 \text{ m} \cdot 0,698 \text{ m}$$

$$V_u = 182,36 \text{ ton}$$

Kuat geser beton adalah:

$$\phi V_c = \phi \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{35} \cdot 4000 \text{ mm} \cdot 877 \text{ mm} = 345,9 \text{ ton}$$

Kontrol

$$V_c > V_u$$

$$345,9 \text{ ton} > 182,36 \text{ ton} \quad (\text{OK})$$

9. Cek Perhitungan Geser Dua Arah pada Poer

$$V_u = \sigma (L^2 - B'^2)$$

Dimana:

σ = tegangan tanah yang terjadi

L = Panjang pondasi

B' = lebar penampang kritis pondasi

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{1045028,7kg}{4m \cdot 4m}$$

$$\sigma = 65314 \text{ kg/m}^2 = 65,314 \text{ ton/m}^2$$

$$B' = \text{lebar kolom} + 2 (0,5 d)$$

$$B' = 850\text{mm} + 2 (0,5 \cdot 877\text{mm}) = 1727\text{mm}$$

Maka,

$$Vu = 65,314 \text{ ton/m}^2 - (4^2 \cdot 1,727^2) = 850,2 \text{ ton}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.11.2.1 (a),(b),dan (c), bahwa perencanaan plat atau pondasi telapak aksi dua arah, nilai V_c harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terkecil:

- $V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b_0 \cdot d$

Dimana:

β = rasio dari sisi Panjang terhadap sisi pendek kolom

$$\beta = 850\text{mm}/850\text{mm} = 1$$

b_0 = keliling dari penampang kritis

$$b_0 = 2 \cdot (b \text{ kolom} + h \text{ kolom}) + 4d$$

$$b_0 = 2 \cdot (850\text{mm} + 850\text{mm}) + 4 \cdot 877\text{mm} = 6908\text{mm}$$

$$\lambda = 1 \text{ (untuk beton normal)}$$

Maka ,

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 6908\text{mm} \cdot 788\text{mm}$$

$$V_c = 18279155,21\text{N} = 1827,92 \text{ ton}$$

- $V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_0} + 2\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b_0 \cdot d$

Dimana:

$\alpha_s = 40$ (untuk kolom tengah)

$\alpha_s = 30$ (untuk kolom tepi)

$\alpha_s = 20$ (untuk kolom sudut)

Maka ,

$$V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{40 \cdot 788 \text{ mm}}{6908 \text{ mm}} + 2 \right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 6908 \text{ mm} \cdot 788 \text{ mm}$$

$$V_c = 21056444,53 \text{ N} = 2105,644 \text{ ton}$$

- $$V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_0 \cdot d$$

$$V_c = 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 6908 \text{ mm} \cdot 788 \text{ mm}$$

$$V_c = 11827688,67 \text{ N} = 1182,769 \text{ ton}$$

Maka dari 3 persamaan diatas, dipakai nilai V_c yang terkecil yaitu $V_c = 1182,769 \text{ ton}$.

Sehingga $V_u = 850,2 \text{ ton} < V_c = 1182,769 \text{ ton}$ (OK)

10. Perencanaan Tulangan lentur Poer

Pada perencanaan tulangan lentur pada poer, nantinya poer diasumsikan sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap.

Diketahui:

b poer = 4000mm

h poer = 4000mm

t poer = 1000mm

ts poer = 75mm

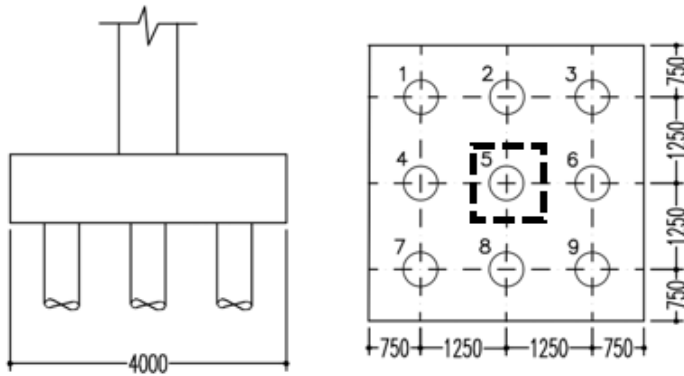
Diameter lentur = 32mm

$$dx = 1000 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - \frac{32 \text{ mm}}{2} = 909 \text{ mm}$$

$$dy = 1000 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 32 \text{ mm} - \frac{32 \text{ mm}}{2}$$

$$dy = 877 \text{ mm}$$

7.2.1. Penulangan Poer Arah X



Gambar 7. 2 Pondasi yang ditinjau dari Arah X P1

$$Mu = -Mq + Mp$$

$$Mu = -(0,5 \cdot qu \cdot b1^2) + (P \cdot b2)$$

$b1$ = jarak dari ujung poer ke tepi kolom

$$b1 = (4m - (\frac{4m}{2} + \frac{0,85m}{2})) = 1,575m$$

$b2$ = jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom

$$b2 = 1,575m - 0,75m = 0,825m$$

qu = berat poer pada daerah yang ditinjau

$$qu = 4m \cdot 1m \cdot 2400kg/m^3 = 9600kg/m$$

Maka,

$$Mu = -(0,5 \cdot 9600kg/m \cdot 1,575^2) + (1045028,7kg \cdot 0,825m)$$

$$Mu = 850241,676 \text{ kgm}$$

Bila digunakan tulangan D32 – 100mm maka:

$$\phi Mn = \phi \cdot As \cdot fy \cdot (d - \frac{1}{2}a)$$

$$As = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot dia^2 \cdot \left(\frac{\text{bentang arah } x}{s} \right)$$

$$A_s = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 32^2 \cdot \left(\frac{4000mm}{100mm} \right) = 32169,91mm^2$$

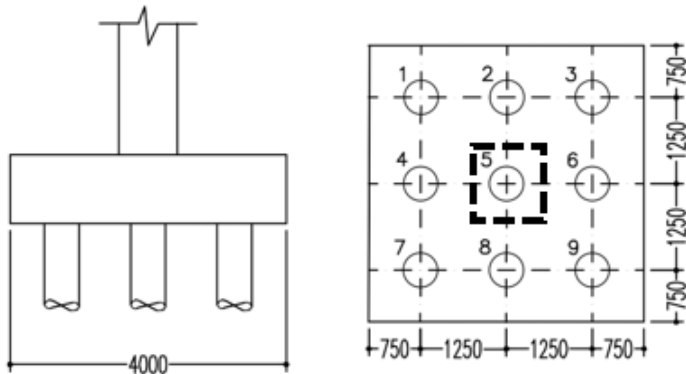
$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{32169,91mm^2 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 4000mm} = 108,134mm$$

$$\phi Mn = 0,8 \cdot 32169,91mm \cdot 400 \cdot \left(909mm - \frac{1}{2} 108,134mm \right)$$

$$\phi Mn = 990112,1 kgm$$

$$\phi Mn > Mu \quad (OK)$$

7.2.2. Penulangan Poer Arah Y



Gambar 7. 3 Pondasi yang ditinjau dari Arah Y P1

$$Mu = -Mq + Mp$$

$$Mu = -(0,5 \cdot qu \cdot b1^2) + (P \cdot b2)$$

$b1$ = jarak dari ujung poer ke tepi kolom

$$b1 = \left(4m - \left(\frac{4m}{2} + \frac{0,85m}{2} \right) \right) = 1,575m$$

$b2$ = jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom

$$b2 = 1,575m - 0,75m = 0,825m$$

qu = berat poer pada daerah yang ditinjau

$$qu = 4m \cdot 1m \cdot 2400kg/m^3 = 9600kg/m$$

Maka,

$$Mu = -(0,5.9600kg/m \cdot 1,575^2) + (1045028,7kg \cdot 0,825m)$$

$$Mu = 850241,676 \text{ kgm}$$

Bila digunakan tulangan D32 – 100mm maka:

$$\phi Mn = \phi \cdot As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{1}{2}a\right)$$

$$As = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot dia^2 \cdot \left(\frac{\text{bentang arah } y}{s}\right)$$

$$As = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 32^2 \cdot \left(\frac{4000mm^2}{100mm}\right) = 32169,91mm^2$$

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc \cdot b} = \frac{32169,91mm \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 4000mm} = 108,134mm$$

$$\phi Mn = 0,8 \cdot 32169,91mm \cdot 400 \cdot \left(909mm - \frac{1}{2}108,134mm\right)$$

$$\phi Mn = 990112,1 \text{ kgm}$$

$$\phi Mn > Mu \quad (\text{OK})$$

11. Penyaluran Tulangan Pasak

Berdasarkan SNI 2847-2013, untuk panjang penyaluran tulangan tekan diambil dari yang terbesar diantara:

$$\ell_{dc1} = \frac{0,24 \cdot fy}{\lambda \cdot \sqrt{fc'}} \cdot db = \frac{0,24 \cdot 400}{1 \cdot \sqrt{35}} \cdot 32mm = 519,3mm$$

$$\ell_{dc2} = 0,043 \cdot db \cdot fy = 0,043 \cdot 32mm \cdot 400 = 550,4mm$$

Didapatkan ℓ_{dc} terbesar yaitu = 550,4mm \approx 560 mm

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.2, untuk Panjang penyaluran tulangan Tarik diambil sebagai berikut:

$$\ell d = \left(\frac{f_y \cdot \psi_s \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot db$$

$$\ell d = \left(\frac{400 \cdot 1,1}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{35}} \right) \cdot 32 = 1273 \text{ mm} \approx 1300 \text{ mm}$$

7.2.3. Perhitungan Pondasi Tipe P2

1. Perencanaan Dimensi Poer

Pada perencanaan pondasi tiang pancang (S) menurut “Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa-Jilid 2 (Karl Terzaqhi dan Ralph B. Peck)” menyebutkan bahwa :

Perhitungan jarak antar tiang pancang (S)

$$S \geq 2,5 D$$

$$S \geq 2,5 \times 0,5 \text{ m}$$

$$S \geq 1,25 \text{ m}$$

Maka dipakai $S = 1,5 \text{ m}$

Perhitungan jarak tiang ke tepi poer (S')

$$S' > 1,5 D$$

$$S' > 1,5 \times 0,5 \text{ m}$$

$$S' > 0,75 \text{ m}$$

Maka dipakai $S = 0,75 \text{ m}$

Sehingga total lebar poer:

$$b = 0,75 \text{ m} + 1,5 \text{ m} + 1,5 \text{ m} + 0,75 \text{ m} = 4,5 \text{ m}$$

$$h = 0,75 \text{ m} + 4(1,5 \text{ m}) + 0,75 \text{ m} = 7,5 \text{ m}$$

Untuk tinggi poer direncanakan setebal = 1,2 m

$$t_s = 75 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan D 32

$$d = 1200 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 32 \text{ mm} - \frac{32 \text{ mm}}{2} = 1077 \text{ mm}$$

2. Gaya yang terjadi pada Pondasi

Dari program bantu SAP 2000 , diketahui gaya-gaya yang terjadi pada joint 339 yaitu sebagai berikut:

- Akibat beban tetap (1D+1L)

$$P = 777343,03 \text{ kg}$$

$$M_x = 114,69 \text{ kgm}$$

$$M_y = 593,379 \text{ kgm}$$

- Akibat beban sementara (1,2D+Ex)

$$P = 101985,39 \text{ kg}$$

$$M_x = 1596,845 \text{ kgm}$$

$$M_y = 5309,415 \text{ kgm}$$

- Akibat beban sementara (1,2D+Ey)

$$P = 96879,715 \text{ kg}$$

$$M_x = 554,24 \text{ kgm}$$

$$M_y = 15809,438 \text{ kgm}$$

Dari program bantu SAP 2000 , diketahui gaya-gaya yang terjadi pada joint 337 yaitu sebagai berikut:

- Akibat beban tetap (1D+1L)

$$P = 561533,3 \text{ kg}$$

$$M_x = 3299,354 \text{ kgm}$$

$$M_y = 3695,057 \text{ kgm}$$

- Akibat beban sementara (1,2D+Ex)

$$P = 683767,1 \text{ kg}$$

$$M_x = 10294,762 \text{ kgm}$$

$$M_y = 24737,3 \text{ kgm}$$

- Akibat beban sementara (1,2D+Ey)

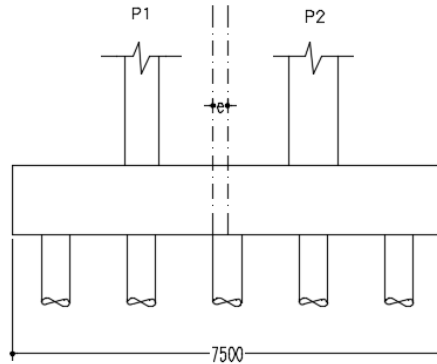
$$P = 690238,8 \text{ kg}$$

$$M_x = 5568,829 \text{ kgm}$$

$$M_y = 72929,3 \text{ kgm}$$

- Eksentrisitas Akibat Beban Pondasi Gabungan

- Akibat beban tetap (1D+1L)



Gambar 7. 4 Eksentrisitas Pondasi Gabungan

Jarak antar kolom = 3m

P1= 777343,03 kg

P2= 561533,3 kg

Maka eksentrisitas kearah P1

$$x = \frac{561533,3 \text{ kg} \cdot 3\text{m}}{561533,3 \text{ kg} + 777343,03 \text{ kg}} = 1,26\text{m}$$

$$e = \frac{3\text{m}}{2} - 1,26\text{m} = 0,242\text{m}$$

Maka untuk gaya total yang terjadi:

P= 1338876,33 kg

Mx=3414,044 kgm

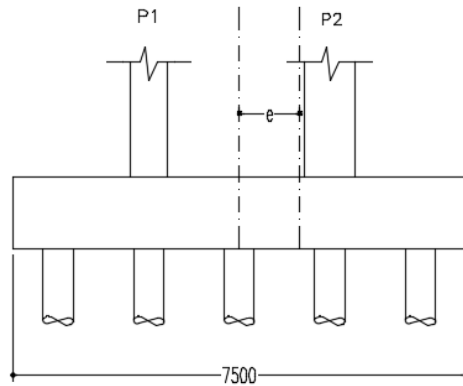
My=328003,025 kgm

$\sum P = P + W_{\text{poer}} = 1338876,33 + 97200 \text{ kg}$

$\sum P = 1436076,33 \text{ kg}$

$W_{\text{poer}} = 7,5\text{m} \times 4,5\text{m} \times 1,2\text{m} \times 2400 = 97200 \text{ kg}$

- Akibat beban sementara (1,2D+Ex)



Gambar 7. 5 Eksentrisitas Pondasi Gabungan

Jarak antar kolom = 3m

$P_1 = 101985,4 \text{ kg}$

$P_2 = 683767,1 \text{ kg}$

Maka eksentrisitas ke arah P2

$$x = \frac{683767,1 \text{ kg} \cdot 3\text{m}}{683767,1 \text{ kg} + 101985,4 \text{ kg}} = 0,39\text{m}$$

$$e = \frac{3\text{m}}{2} - 0,39\text{m} = 1,11 \text{ m}$$

Maka untuk gaya total yang terjadi:

$P = 785752,49 \text{ kg}$

$M_x = 11891,607 \text{ kgm}$

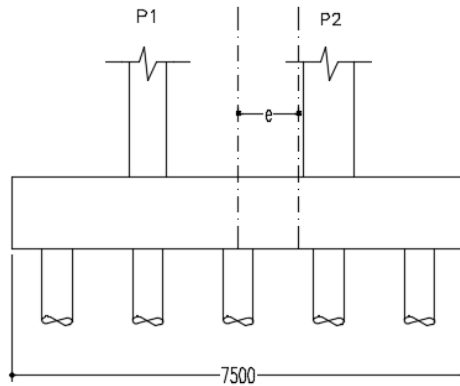
$M_y = 902719,28 \text{ kgm}$

$\Sigma P = P + W_{\text{poer}} = 785752,49 \text{ kg} + 97200 \text{ kg}$

$\Sigma P = 882952,49 \text{ kg}$

$W_{\text{poer}} = 7,5\text{m} \times 4,5\text{m} \times 1,2\text{m} \times 2400 = 97200 \text{ kg}$

- Akibat beban sementara ($1,2D + Ey$)



Gambar 7. 6 Eksentrisitas Pondasi Gabungan

Jarak antar kolom = 3m

$P_1 = 96879,72 \text{ kg}$

$P_2 = 690238,8 \text{ kg}$

Maka eksentrisitas ke arah P2

$$x = \frac{690238,8 \text{ kg} \cdot 3 \text{ m}}{690238,8 \text{ kg} + 96879,72 \text{ kg}} = 0,37 \text{ m}$$

$$e = \frac{3 \text{ m}}{2} - 0,37 \text{ m} = 1,13 \text{ m}$$

Maka untuk gaya total yang terjadi:

$P = 787118,52 \text{ kg}$

$M_x = 6123,07 \text{ kgm}$

$M_y = 978777,4 \text{ kgm}$

$\sum P = P + W_{\text{poer}} = 787118,52 \text{ kg} + 97200 \text{ kg}$

$\sum P = 884318,52 \text{ kg}$

$W_{\text{poer}} = 7,5 \text{ m} \times 4,5 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \times 2400 = 97200 \text{ kg}$

3. Perhitungan Kebutuhan Tiang Pancang

$$np = \frac{P}{P_{all}}$$

Dimana:

np = jumlah tiang

P = gaya aksial yang terjadi (1D+1L)

P_{all} = daya dukung ijin

$$np = \frac{1436076,33 \text{ kg}}{207,1 \text{ ton} \times 1000} = 7, \text{ namun digunakan 15 buah.}$$

4. Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Efisiensi

Berdasarkan rumus *converse-Labbarre* dari *Uniform Building Code ASTHO*, perhitungan efisiensi adalah:

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n}$$

Dimana:

E_g = efisiensi kelompok tiang

θ = arc tg (D/s) (derajat)

D = ukuran penampang tiang

s = jarak antar tiang (as ke as)

m = jumlah tiang dalam kolom

n = jumlah tiang dalam baris

$$\theta = \text{arc tg} \cdot \frac{0,5m}{1,5m} = 18,43$$

$$E_g = 1 - 18,43 \frac{(5-1)3 + (3-1)5}{90 \cdot 3 \cdot 5} = 0,7$$

Maka daya dukung vertical kelompok adalah:

$$E_g \cdot \text{Daya dukung} \cdot np = 0,7 \cdot 207,1 \cdot 15$$

$$= 2173,396 \text{ ton tiang telah memenuhi.}$$

$$2173,396 \text{ ton} > P_u = 1436 \text{ ton} \quad (\text{OK})$$

5. Beban Maksimum Tiang pada Kelompok Tiang

$$P_{maks} = \frac{P_u}{np} \pm \frac{M_y \cdot X_{max}}{n_y \sum X^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{max}}{n_x \sum Y^2}$$

Dimana :

P_{maks} = beban maksimum tiang

P_u = gaya aksial yang terjadi (terfaktor)

M_y = momen yang berkerja tegak lurus sumbu y

M_x = momen yang berkerja tegak lurus sumbu x

X_{max} = jarak tiang arah sumbu x terjauh

Y_{max} = jarak tiang arah sumbu y terjauh

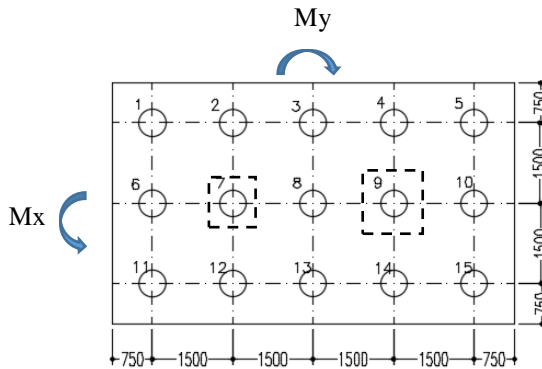
$\sum X^2$ = jumlah kuadrat X

$\sum Y^2$ = jumlah kuadrat Y

n_x = banyak tiang dalam satu baris arah sumbu x

n_y = banyak tiang dalam satu baris arah sumbu y

n_p = jumlah tiang



Gambar 7. 7 Gaya yang terjadi pada Poer dan Tiang Pancang P2

a. Perhitungan Akibat Beban Tetap (1D+1L)

Tabel 43 Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat (1D+1L) P2

No	x	y	x^2	y^2
1	-2.76	-1.50	7.61	2.25
2	-1.26	-1.50	1.58	2.25
3	-0.24	-1.50	0.06	2.25
4	1.74	-1.50	3.03	2.25
5	3.242	-1.50	10.51	2.25
6	-2.76	0.00	7.61	0.00
7	-1.26	0.00	1.58	0.00
8	-0.24	0.00	0.06	0.00
9	1.74	0.00	3.03	0.00
10	3.24	0.00	10.51	0.00
11	-2.76	1.50	7.61	2.25
12	-1.26	1.50	1.58	2.25
13	-0.242	1.50	0.06	2.25
14	1.742	1.50	3.03	2.25
15	3.242	1.50	10.51	2.25
Σ			68.4	22.5

$$e = 0,24 \text{ m}$$

$$X_{\max} = 3,24 \text{ m}$$

$$Y_{\max} = 1,5 \text{ m}$$

$$\Sigma X^2 = 68,4$$

$$\Sigma Y^2 = 22,5$$

$$P_{maks} = \frac{1338876,33 \text{ kg}}{15} \pm \frac{328003,025 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot 3,24 \text{ m}}{3 \cdot 68,4 \text{ m}^2} \\ \pm \frac{3414,044 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot 1,5 \text{ m}}{5 \cdot 22,5 \text{ m}^2}$$

$$P1 = 94,396 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

$$P2 = 84,12 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

$$P3 = 84,03 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

$$P4 = 94,49 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

b. Perhitungan Akibat Beban Sementara (1,2D+Ex)

Tabel 44 Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat (1,2D+Ex) P2

No	x	y	x^2	y^2
1	-4.11	-1.50	16.90	2.25
2	-2.61	-1.50	6.82	2.25
3	-1.11	-1.50	1.23	2.25
4	0.39	-1.50	0.15	2.25
5	1.89	-1.50	3.57	2.25
6	-4.11	0.00	16.90	0.00
7	-2.61	0.00	6.82	0.00
8	1.11	0.00	1.23	0.00
9	0.39	0.00	0.15	0.00
10	1.89	0.00	3.57	0.00
11	-4.11	1.50	16.90	2.25
12	-2.61	1.50	6.82	2.25
13	1.11	1.50	1.23	2.25
14	0.389	1.50	0.15	2.25
15	1.889	1.50	3.57	2.25
Σ			86.0	22.5

$$e = 1,11 \text{ m}$$

$$X_{\max} = 4,11 \text{ m}$$

$$Y_{\max} = 1,5 \text{ m}$$

$$\Sigma X^2 = 86$$

$$\Sigma Y^2 = 22,5$$

$$P_{maks} = \frac{785752,49 \text{ kg}}{15} \pm \frac{902719,28 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot 4,11 \text{ m}}{3,86 \text{ m}^2} \\ \pm \frac{11891,607 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot 1,5 \text{ m}}{5 \cdot 22,5 \text{ m}^2}$$

$$P1 = 66,07 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

$$P2 = 38,16 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

$$P3 = 37,84 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

$$P4 = 66,924 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

c. Perhitungan Akibat Beban Sementara (1,2D+Ey)

Tabel 45 Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat (1,2D+Ey) P2

No	x	y	x ²	y ²
1	-4.13	-1.50	17.06	2.25
2	-2.63	-1.50	6.92	2.25
3	-1.13	-1.50	1.28	2.25
4	0.37	-1.50	0.14	2.25
5	1.87	-1.50	3.49	2.25
6	-4.13	0.00	17.06	0.00
7	-2.63	0.00	6.92	0.00
8	1.13	0.00	1.28	0.00
9	0.37	0.00	0.14	0.00
10	1.87	0.00	3.49	0.00
11	-4.13	1.50	17.06	2.25
12	-2.63	1.50	6.92	2.25
13	1.131	1.50	1.28	2.25
14	0.369	1.50	0.14	2.25
15	1.869	1.50	3.49	2.25
Σ			86.7	22.5

$$e = 1,13 \text{ m}$$

$$X_{\max} = 4,13 \text{ m}$$

$$Y_{\max} = 1,5 \text{ m}$$

$$\Sigma X^2 = 86,7$$

$$\Sigma Y^2 = 22,5$$

$$P_{maks} = \frac{787118,515g}{15} \pm \frac{978777,4kg.m \cdot 4,13m}{3.86,7m^2} \\ \pm \frac{6123,07kg.m \cdot 1,5m}{5 \cdot 22,5m^2}$$

$$P1 = 67,94 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

$$P2 = 37 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

$$P3 = 36,84 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} 207,1 \text{ ton (OK)}$$

$$P4 = 68,104 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

6. Cek Perhitungan Geser Satu Arah pada Poer

Gaya geser yang berkerja pada penampang kritis adalah:

$$Vu = \sigma \cdot L \cdot G'$$

Dimana:

Vu = gaya geser

σ = tegangan tanah yang terjadi

L = Panjang pondasi

G' = daerah pembebanan yang diperhitungkan untuk geser satu arah

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{1436076 \text{ kg}}{7,5 \text{ m} \cdot 4,5 \text{ m}}$$

$$\sigma = 42550 \text{ kg/m}^2 = 42,55 \text{ ton/m}^2$$

$$G' = L - \left(\frac{L}{2} + \frac{\text{lebar kolom}}{2} + d \right)$$

$$G' = 7500 \text{ mm} - \left(\frac{7500 \text{ mm}}{2} + \frac{850 \text{ mm}}{2} + 1077 \text{ mm} \right)$$

$$G' = 2248 \text{ mm} = 2,448 \text{ m}$$

Maka,

$$Vu = 42,55 \text{ ton/m}^2 \cdot 4,5 \text{ m} \cdot 0,698 \text{ m}$$

$$Vu = 430,44 \text{ ton}$$

Kuat geser beton adalah:

$$\phi Vc = \phi \frac{1}{6} \sqrt{f'c'} \cdot b \cdot d$$

$$Vc = \frac{1}{6} \sqrt{35} \cdot 4500 \text{ mm} \cdot 1077 \text{ mm} = 477,9 \text{ ton}$$

Kontrol

$$Vc > Vu$$

$$477,9 \text{ ton} > 430,44 \text{ ton} \quad (\text{OK})$$

7. Cek Perhitungan Geser Dua Arah pada Poer

$$Vu = \sigma \cdot At$$

Dimana:

σ = tegangan tanah yang terjadi

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{1045028,7 \text{ kg}}{4 \text{ m} \cdot 4 \text{ m}}$$

$$\sigma = 65314 \text{ kg/m}^2 = 65,314 \text{ ton/m}^2$$

- Gaya geser dua arah yang terjadi pada poer:

$$At = (b \text{ poer} \cdot h \text{ poer}) - ((b \text{ kolom} + d) \times (h \text{ kolom} + d))$$

$$At = 33,75 \text{ m} - (1,93 \text{ m} \times 1,93 \text{ m}) = 30,04 \text{ m}$$

Maka,

$$Vu = 65,314 \text{ ton/m}^2 \cdot 30,04 \text{ m} = 1311 \text{ ton}$$

- Gaya geser dua arah yang terjadi pada tiang pancang:

$$At = (b \text{ poer} \cdot h \text{ poer}) - (n \times A \text{ tiang pancang})$$

$$At = 33,75 \text{ m} - (2,945) = 30,804 \text{ m}$$

Maka,

$$Vu = 65,314 \text{ ton/m}^2 \cdot 30,804 \text{ m} = 1278 \text{ ton}$$

Jadi untuk nilai Vu yang dipakai adalah yang terbesar diantara Vu akibat kolom dan Vu akibat tiang pancang, diambil Vu sebesar = 1311 ton

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.11.2.1 (a),(b),dan (c), bahwa perencanaan plat atau pondasi telapak aksi dua arah, nilai Vc harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai Vc terkecil:

- $Vc = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b_0 \cdot d$

Dimana:

β = rasio dari sisi Panjang terhadap sisi pendek kolom

$$\beta = 850 \text{ mm} / 850 \text{ mm} = 1$$

b_0 = keliling dari penampang kritis

$$b_0 = 2. (b \text{ kolom} + h \text{ kolom}) + 4d$$

$$b_0 = 2. (850\text{mm} + 850\text{mm}) + 4 \cdot 1077\text{mm} = 7708\text{mm}$$

$\lambda = 1$ (untuk beton normal)

Maka ,

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 7708\text{mm} \cdot 1077\text{mm}$$

$$V_c = 254047340\text{N} = 2505 \text{ ton}$$

- $V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_0} + 2 \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_0 \cdot d$

Dimana:

$\alpha_s = 40$ (untuk kolom tengah)

$\alpha_s = 30$ (untuk kolom tepi)

$\alpha_s = 20$ (untuk kolom sudut)

Maka ,

$$V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{40 \cdot 1077\text{mm}}{7708\text{mm}} + 2 \right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 7708\text{mm} \cdot 1077\text{mm}$$

$$V_c = 30935275 \text{ N} = 3094 \text{ ton}$$

- $V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_0 \cdot d$

$$V_c = 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 7708\text{mm} \cdot 1077\text{mm}$$

$$V_c = 16207102 \text{ N} = 1621 \text{ ton}$$

Maka dari 3 persamaan diatas, dipakai nilai V_c yang terkecil yaitu $V_c = 1620,71 \text{ ton}$.

Sehingga $V_u = 1311 \text{ ton} < V_c = 1620,71 \text{ ton}$ (OK)

8. Perencanaan Tulangan lentur Poer

Pada perencanaan tulangan lentur pada poer, nantinya poer diasumsikan sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit

pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap.

Diketahui:

b poer = 4000mm

h poer = 4000mm

t poer = 1000mm

ts poer = 75mm

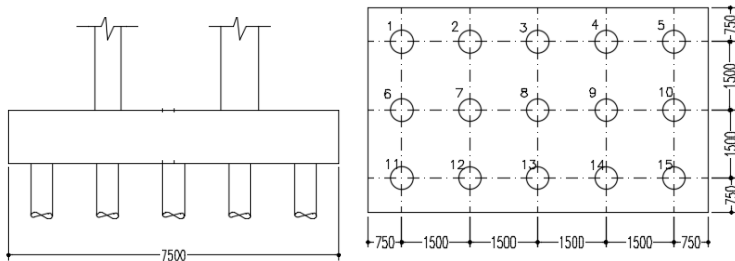
Diameter lentur = 32mm

$$dx = 1200mm - 75mm - \frac{32mm}{2} = 1109mm$$

$$dy = 1200mm - 75mm - 32mm - \frac{32mm}{2}$$

$$dy = 1077mm$$

a. Penulangan Poer Arah X



Gambar 7. 8 Pondasi yang ditinjau dari Arah X P2

$$Mu = -Mq + Mp$$

$$Mu = -(0,5 \cdot qu \cdot b1^2) + (P \cdot b2)$$

$b1$ = jarak dari ujung poer ke tepi kolom

$$b1 = (7,5m - \left(\frac{7,5m}{2} + \frac{0,85m}{2} \right)) = 1,825m$$

$b2$ = jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom

$$b2 = 1,825m - 0,75m = 1,075m$$

qu = berat poer pada daerah yang ditinjau

$$qu = 7,5m \cdot 1,2m \cdot 2400kg/m^3 = 21600kg/m$$

Maka,

$$Mu = -(0,5.9600kg/m \cdot 1,825^2) + (1338876kg \cdot 1,075m)$$

$$Mu = 1403321,3 \text{ kgm}$$

Bila digunakan tulangan D32 – 90mm maka:

$$\phi Mn = \phi \cdot As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{1}{2}a\right)$$

$$As = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot dia^2 \cdot \left(\frac{\text{bentang arah } x}{s}\right)$$

$$As = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 32^2 \cdot \left(\frac{7500mm}{90mm}\right) = 67021mm^2$$

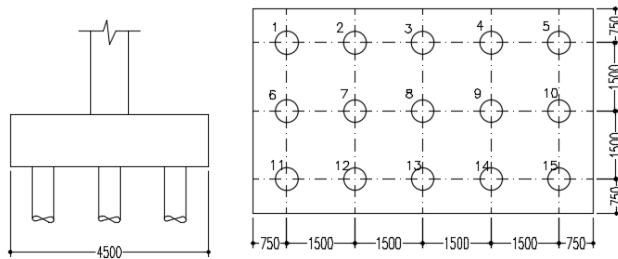
$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc \cdot b} = \frac{67021mm^2 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 7500mm} = 200,248mm$$

$$\phi Mn = 0,8 \cdot 40212mm \cdot 400 \cdot \left(1109mm - \frac{1}{2} \cdot 200,248mm\right)$$

$$\phi Mn = 1414170,23 \text{ kgm}$$

$$\phi Mn > Mu \quad (\text{OK})$$

b. Penulangan Poer Arah Y



Gambar 7. 9 Pondasi yang ditinjau dari Arah Y P2

$$Mu = -Mq + Mp$$

$$Mu = -(0,5 \cdot qu \cdot b1^2) + (P \cdot b2)$$

$b1$ = jarak dari ujung poer ke tepi kolom

$$b1 = (4,5m - \left(\frac{4,5m}{2} + \frac{0,85m}{2}\right)) = 1,825m$$

$b2$ = jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom

$$b2 = 1,825m - 0,75m = 1,075m$$

qu = berat poer pada daerah yang ditinjau

$$qu = 4,5m \cdot 1,2m \cdot 2400kg/m^3 = 12960kg/m$$

Maka,

$$Mu = -(0,5 \cdot 12960kg/m \cdot 1,825^2) + (1338876kg \cdot 1,075m)$$

$$Mu = 1417710 \text{ kgm}$$

Bila digunakan tulangan D32 – 90mm maka:

$$\phi Mn = \phi \cdot As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{1}{2}a\right)$$

$$As = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot dia^2 \cdot \left(\frac{\text{bentang arah y}}{s}\right)$$

$$As = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 32^2 \cdot \left(\frac{4500mm}{90mm}\right) = 40212mm^2$$

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc \cdot b} = \frac{40212 \text{ mm}^2 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 4500 \text{ mm}} = 120,14 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = 0,8 \cdot 40212 \text{ mm} \cdot 400 \cdot \left(1077 \text{ mm} - \frac{1}{2} 120,14 \text{ mm} \right)$$

$$\phi Mn = 1472147,99 \text{ kgm}$$

$$\phi Mn > Mu \quad (\text{OK})$$

9. Penyaluran Tulangan Pasak

Berdasarkan SNI 2847-2013, untuk panjang penyaluran tulangan tekan diambil dari yang terbesar diantara:

$$\ell_{dc1} = \frac{0,24 \cdot fy}{\lambda \cdot \sqrt{fc'}} \cdot db = \frac{0,24 \cdot 400}{1 \cdot \sqrt{35}} \cdot 32 \text{ mm} = 519,3 \text{ mm}$$

$$\ell_{dc2} = 0,043 \cdot db \cdot fy = 0,043 \cdot 32 \text{ mm} \cdot 400 = 550,4 \text{ mm}$$

Didapatkan ℓ_{dc} terbesar yaitu = 550,4 mm \approx 560 mm

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.2, untuk Panjang penyaluran tulangan Tarik diambil sebagai berikut:

$$\ell_d = \left(\frac{fy \cdot \psi_s \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'}} \right) \cdot db$$

$$\ell_d = \left(\frac{400 \cdot 1 \cdot 1}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{35}} \right) \cdot 32 = 1273 \text{ mm} \approx 1300 \text{ mm}$$

7.2.4. Perhitungan Pondasi Tipe P3

1. Perencanaan Dimensi Poer

Pada perencanaan pondasi tiang pancang (S) menurut “Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa-Jilid 2 (Karl Terzaqhi dan Ralph B. Peck)” menyebutkan bahwa :

Perhitungan jarak antar tiang pancang (S)

$$S \geq 2,5 D$$

$$S \geq 2,5 \times 0,5 \text{ m}$$

$$S \geq 1,25 \text{ m}$$

Maka dipakai S = 1,6 m

Perhitungan jarak tiang ke tepi poer (S')

$$S' > 1,5 D$$

$$S' > 1,5 \times 0,5m$$

$$S' > 0,75 m$$

Maka dipakai $S = 1 m$

Sehingga total lebar poer:

$$b = 1m + 1,6m + 1,6m + 1m = 5,2 m$$

$$h = 1m + 5(1,6m) + 1m = 10m$$

Untuk tinggi poer direncanakan setebal = 2,5 m

$$t_s = 75mm$$

Direncanakan tulangan D 32

$$d = 2500mm - 75mm - 32mm - \frac{32mm}{2} = 2377mm$$

2. Gaya yang terjadi pada Pondasi

Dari program bantu SAP 2000 , diketahui gaya-gaya yang terjadi pada joint 329 yaitu sebagai berikut:

- Akibat beban tetap (1D+1L)

$$P = 1851435,62 \text{ kg}$$

$$M_x = 24123 \text{ kgm}$$

$$M_y = 5274,07 \text{ kgm}$$

$$\sum P = P + W_{\text{poer}} = 1851435,62 \text{ kg} + 312000 \text{ kg}$$

$$\sum P = 2163435,62 \text{ kg}$$

$$W_{\text{poer}} = 5,2m \times 10m \times 2,5m \times 2400 = 312000 \text{ kg}$$

- Akibat beban sementara (1,2D+Ex)

$$P = 2837549,76 \text{ kg}$$

$$M_x = 60220,11 \text{ kgm}$$

$$M_y = 59832,02 \text{ kgm}$$

$$\sum P = P + W_{\text{poer}} = 2837549,76 \text{ kg} + 312000 \text{ kg}$$

$$\sum P = 3149549,76 \text{ kg}$$

$$W_{\text{poer}} = 5,2m \times 10m \times 2,5m \times 2400 = 312000 \text{ kg}$$

- Akibat beban sementara (1,2D+Ey)

$$P = 2365942,28 \text{ kg}$$

$$M_x = 38153,66 \text{ kgm}$$

$$M_y = 185734,45 \text{ kgm}$$

$$\sum P = P + W_{\text{poer}} = 2365942,28 \text{ kg} + 312000 \text{ kg}$$

$$\sum P = 2677942,28 \text{ kg}$$

$$W_{\text{poer}} = 5,2 \text{ m} \times 10 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 2400 = 312000 \text{ kg}$$

3. Perhitungan Kebutuhan Tiang Pancang

$$np = \frac{P}{P_{\text{all}}}$$

Dimana:

np = jumlah tiang

P = gaya aksial yang terjadi (1D+1L)

P_{all} = daya dukung ijin

$$np = \frac{2163435,62 \text{ kg}}{207,1 \text{ ton} \times 1000} = 11, \text{ namun digunakan 18 buah.}$$

4. Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Efisiensi

Berdasarkan rumus *converse-Labbarre* dari *Uniform Building Code ASTHO*, perhitungan efisiensi adalah:

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n}$$

Dimana:

E_g = efisiensi kelompok tiang

θ = $\arctg(D/s)$ (derajat)

D = ukuran penampang tiang

s = jarak antar tiang (as ke as)

m = jumlah tiang dalam kolom

n = jumlah tiang dalam baris

$$\theta = \arctg \cdot \frac{0,5 \text{ m}}{1,6 \text{ m}} = 17,35$$

$$E_g = 1 - 17,35 \frac{(6-1)3 + (3-1)6}{90 \cdot 3 \cdot 6} = 0,71$$

Maka daya dukung vertical kelompok adalah:

$$E_g \cdot \text{Daya dukung} \cdot np = 0,71 \cdot 207,1 \cdot 18$$

= 2649,78 ton tiang telah memenuhi.

2649,78 ton > $P_u = 2163,44$ ton (OK)

5. Beban Maksimum Tiang pada Kelompok Tiang

$$P_{maks} = \frac{P_u}{np} \pm \frac{M_y \cdot X_{max}}{n_y \sum X^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{max}}{n_x \sum Y^2}$$

Dimana :

P_{maks} = beban maksimum tiang

P_u = gaya aksial yang terjadi (terfaktor)

M_y = momen yang berkerja tegak lurus sumbu y

M_x = momen yang berkerja tegak lurus sumbu x

X_{max} = jarak tiang arah sumbu x terjauh

Y_{max} = jarak tiang arah sumbu y terjauh

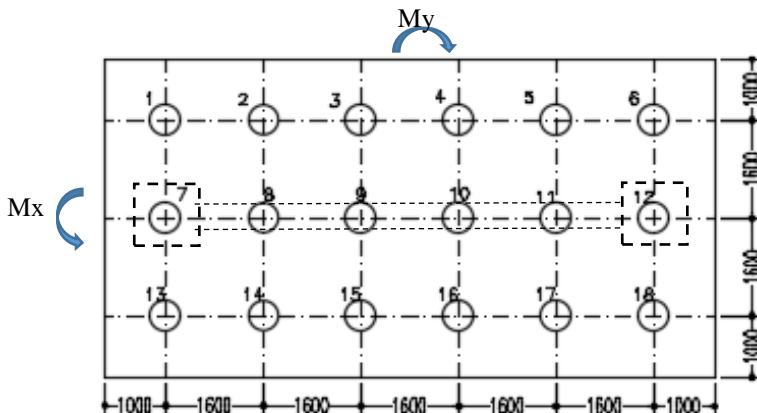
$\sum X^2$ = jumlah kuadrat X

$\sum Y^2$ = jumlah kuadrat Y

n_x = banyak tiang dalam satu baris arah sumbu x

n_y = banyak tiang dalam satu baris arah sumbu y

np = jumlah tiang



Gambar 7. 10 Gaya yang terjadi pada Poer dan Tiang Pancang P3

Tabel 46 Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat P3

no	x	x2	y	y2
1	-4	16	-1.60	2.56
2	-2.4	5.76	-1.60	2.56
3	-0.8	0.64	-1.60	2.56
4	0.8	0.64	-1.60	2.56
5	2.4	5.76	-1.60	2.56
6	4	16	-1.60	2.56
7	-4	16	0	0
8	-2.4	5.76	0	0
9	-0.8	0.64	0	0
10	0.8	0.64	0	0
11	2.4	5.76	0	0
12	4	16	0	0
13	-4	16	1.60	2.56
14	-2.4	5.76	1.60	2.56
15	-0.8	0.64	1.60	2.56
16	0.8	0.64	1.60	2.56
17	2.4	5.76	1.60	2.56
18	4	16	1.60	
	$\sum x^2$	134.4	$\sum y^2$	28.16

$$X_{\max} = 4 \text{ m}$$

$$Y_{\max} = 1,6\text{m}$$

$$\sum X^2 = 134,4$$

$$\sum Y^2 = 28,16$$

d. Perhitungan Akibat Beban Tetap (1D+1L)

$$P_{maks} = \frac{1851435,62 \text{ kg}}{18} \pm \frac{5274,07 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot 4 \text{ m}}{3 \cdot 134,4 \text{ m}^2} \\ \pm \frac{24123 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot 1,6 \text{ m}}{6 \cdot 28,16 \text{ m}^2}$$

$$P1 = 102,68 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

$$P2 = 103,03 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

$$P3 = 102,576 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

$$P4 = 103,138 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

e. Perhitungan Akibat Beban Sementara (1,2D+Ex)

$$P \text{ maks} = \frac{2837549,76 \text{ kg}}{18} \pm \frac{59832,02 \text{ kg.m} \cdot 4 \text{ m}}{3 \cdot 134,4 \text{ m}^2} \\ \pm \frac{60220,11 \text{ kg.m} \cdot 1,6 \text{ m}}{6 \cdot 28,16 \text{ m}^2}$$

$$P1 = 157,66 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

$$P2 = 157,62 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

$$P3 = 156,48 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

$$P4 = 158,81 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

f. Perhitungan Akibat Beban Sementara (1,2D+Ey)

$$P \text{ maks} = \frac{2365942,28 \text{ kg}}{18} \pm \frac{185734,45 \text{ kg.m} \cdot 4 \text{ m}}{3 \cdot 134,4 \text{ m}^2} \\ \pm \frac{38153,66 \text{ kg.m} \cdot 1,6 \text{ m}}{6 \cdot 28,16 \text{ m}^2}$$

$$P1 = 132,922 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

$$P2 = 129,96 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

$$P3 = 129,24 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

$$P4 = 133,645 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

6. Cek Perhitungan Geser Satu Arah pada Poer

Gaya geser yang berkerja pada penampang kritis adalah:

$$Vu = \sigma \cdot L \cdot G'$$

Dimana:

Vu = gaya geser

σ = tegangan tanah yang terjadi

L = Panjang pondasi

G' = daerah pembebanan yang diperhitungkan untuk geser satu arah

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{2837549,76 \text{ kg}}{5,2 \text{ m} \cdot 10 \text{ m}}$$

$$\sigma = 54568,26 \text{ kg/m}^2 = 54,568 \text{ ton/m}^2$$

$$G' = L - \left(\frac{L}{2} + \frac{\text{lebar kolom}}{2} + d \right)$$

$$G' = 10000 \text{ mm} - \left(\frac{10000 \text{ mm}}{2} + \frac{850 \text{ mm}}{2} + 2377 \text{ mm} \right)$$

$$G' = 2198 \text{ mm} = 2,198 \text{ m}$$

Maka,

$$Vu = 54,568 \text{ ton/m}^2 \cdot 10 \text{ m} \cdot 2,198 \text{ m}$$

$$Vu = 1199,41 \text{ ton}$$

Kuat geser beton adalah:

$$\phi Vc = \phi \frac{1}{6} \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$$

$$Vc = \frac{1}{6} \sqrt{35} \cdot 5200 \text{ mm} \cdot 2377 \text{ mm} = 1219 \text{ ton}$$

Kontrol

$$Vc > Vu$$

$$1219 \text{ ton} > 1199,41 \text{ ton} \quad (\text{OK})$$

7. Cek Perhitungan Geser Dua Arah pada Poer

$$Vu = \sigma \cdot At$$

Dimana:

σ = tegangan tanah yang terjadi

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{2837549,76 \text{ kg}}{5,2 \text{ m} \cdot 10 \text{ m}}$$

$$\sigma = 54568,26 \text{ kg/m}^2 = 54,568 \text{ ton/m}^2$$

- Gaya geser dua arah yang terjadi pada poer:

$$At = (b \text{ poer} \cdot h \text{ poer}) - ((b \text{ SW} + d) \times (L \text{ SW} + d))$$

$$At = 52 \text{ m} - (3,227 \text{ m} \times 11,27 \text{ m}) = 15,77 \text{ m}$$

Maka,

$$Vu = 54,568 \text{ ton/m}^2 \cdot 15,77\text{m} = 860,57 \text{ ton}$$

- Gaya geser dua arah yang terjadi pada tiang pancang:

$$At = (b \text{ poer} \cdot h \text{ poer}) - (n \times A \text{ tiang pancang})$$

$$At = 52 \text{ m} - (18 \cdot 0,196\text{m}) = 48,466 \text{ m}$$

Maka,

$$Vu = 54,568 \text{ ton/m}^2 \cdot 48,466\text{m} = 2644,7 \text{ ton}$$

Jadi untuk nilai Vu yang dipakai adalah yang terbesar diantara Vu akibat kolom dan Vu akibat tiang pancang, diambil Vu sebesar = 2644,7 ton

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.11.2.1 (a),(b),dan (c), bahwa perencanaan plat atau pondasi telapak aksi dua arah, nilai Vc harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai Vc terkecil:

- $Vc = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b_0 \cdot d$

Dimana:

β = rasio dari sisi Panjang terhadap sisi pendek kolom

$$\beta = 850\text{mm}/850\text{mm} = 1$$

b_0 = keliling dari penampang kritis

$$b_0 = 2 \cdot (b \text{ kolom} + h \text{ kolom}) + 4d$$

$$b_0 = 2 \cdot (850\text{mm} + 850\text{mm}) + 4 \cdot 2377\text{mm} = 12908 \text{ mm}$$

$$\lambda = 1 \text{ (untuk beton normal)}$$

Maka ,

$$Vc = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 12908\text{mm} \cdot 2377\text{mm}$$

$$Vc = 92574704,99\text{N} = 9257,5 \text{ ton}$$

- $Vc = 0,083 \cdot \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_0} + 2\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b_0 \cdot d$

Dimana:

$\alpha_s = 40$ (untuk kolom tengah)

$\alpha_s = 30$ (untuk kolom tepi)

$\alpha_s = 20$ (untuk kolom sudut)

Maka ,

$$V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{40 \cdot 2377 \text{ mm}}{12908 \text{ mm}} + 2 \right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 12908 \text{ mm} \cdot 2377 \text{ mm}$$

$$V_c = 141108517,2 \text{ N} = 14111 \text{ ton}$$

- $V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_0 \cdot d$
 $V_c = 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 12908 \text{ mm} \cdot 2377 \text{ mm}$
 $V_c = 59901279,7 \text{ N} = 5990,1 \text{ ton}$

Maka dari 3 persamaan diatas, dipakai nilai V_c yang terkecil yaitu $V_c = 5990,1 \text{ ton}$.

Sehingga $V_u = 2644,7 \text{ ton} < V_c = 5990,1 \text{ ton}$ (OK)

8. Perencanaan Tulangan lentur Poer

Pada perencanaan tulangan lentur pada poer, nantinya poer diasumsikan sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap.

Diketahui:

$b_{\text{poer}} = 5200 \text{ mm}$

$h_{\text{poer}} = 1000 \text{ mm}$

$t_{\text{poer}} = 2500 \text{ mm}$

$t_{s \text{ poer}} = 75 \text{ mm}$

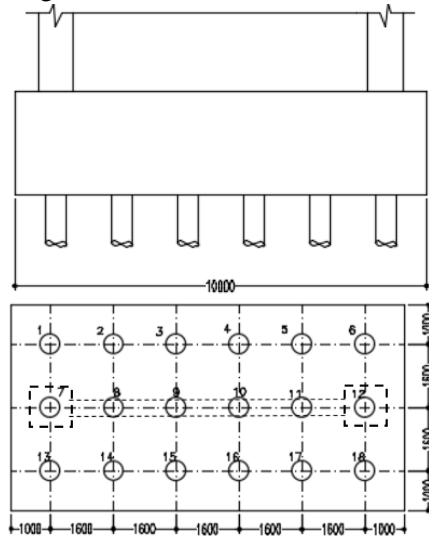
Diameter lentur = 32mm

$$dx = 2500 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - \frac{32 \text{ mm}}{2} = 2409 \text{ mm}$$

$$dy = 2500mm - 75mm - 32mm - \frac{32mm}{2}$$

$$dy = 2377mm$$

7.2.3. Penulangan Poer Arah X



Gambar 7. 11 Pondasi yang ditinjau dari Arah X P3

$$Mu = -Mq + Mp$$

$$Mu = -(0,5 \cdot qu \cdot b1^2) + (P \cdot b2)$$

$b1$ = jarak dari ujung poer ke tepi kolom

$$b1 = (10m - (\frac{10m}{2} + \frac{0,85m}{2})) = 2,175m$$

$b2$ = jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom

$$b2 = 2,175m - 1m = 1,175m$$

qu = berat poer pada daerah yang ditinjau

$$qu = 10m \cdot 2,5m \cdot 2400kg/m^3 = 60000kg/m$$

Maka,

$$Mu = -(0,5 \cdot 60000kg/m \cdot 2,175^2) + (2837550 kg \cdot 1,175m)$$

$$Mu = 3192202 \text{ kgm}$$

Bila digunakan tulangan D32 – 100mm maka:

$$\phi Mn = \phi . As . fy . \left(d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$As = \frac{1}{4} . \pi . dia^2 . \left(\frac{\text{bentang arah } x}{s} \right)$$

$$As = \frac{1}{4} . \pi . 32^2 . \left(\frac{10000mm}{100mm} \right) = 80425mm^2$$

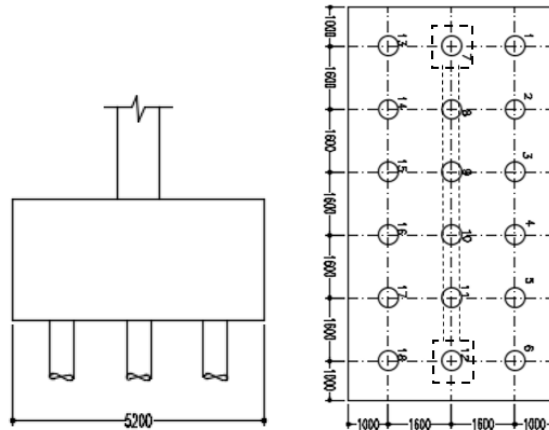
$$a = \frac{As . fy}{0,85 . fc . b} = \frac{80425mm^2 . 400}{0,85 . 35 . 5200mm} = 207,95mm$$

$$\phi Mn = 0,8 . 80425mm . 400 . \left(2409mm - \frac{1}{2} 207,95mm \right)$$

$$\phi Mn = 3470334,2 \text{ kgm}$$

$$\phi Mn > Mu \quad (\text{OK})$$

7.2.4. Penulangan Poer Arah Y



Gambar 7. 12 Pondasi yang ditinjau dari Arah Y P3

$$Mu = -Mq + Mp$$

$$Mu = -(0,5 \cdot qu \cdot b1^2) + (P \cdot b2)$$

$b1$ = jarak dari ujung poer ke tepi kolom

$$b1 = (5,2m - \left(\frac{5,2m}{2} + \frac{0,85m}{2}\right)) = 0,575m$$

$b2$ = jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom

$$b2 = 0,85m/2 = 0,425m$$

qu = berat poer pada daerah yang ditinjau

$$qu = 5,2m \cdot 2,5m \cdot 2400kg/m^3 = 31200kg/m$$

Maka,

$$Mu = -(0,5 \cdot 31200kg/m \cdot 0,575^2)$$

$$+ (2837550 kg \cdot 0,425m)$$

$$Mu = 1200801 kgm$$

Bila digunakan tulangan D32 – 100mm maka:

$$\phi Mn = \phi \cdot As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{1}{2}a\right)$$

$$As = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot dia^2 \cdot \left(\frac{\text{bentang arah } y}{s}\right)$$

$$As = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 32^2 \cdot \left(\frac{5200mm}{100mm}\right) = 41821mm^2$$

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc \cdot b} = \frac{41821mm^2 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 5200mm} = 108,134mm$$

$$\phi Mn = 0,8 \cdot 41821mm \cdot 400 \cdot \left(2377 mm - \frac{1}{2}108,13mm\right)$$

$$\phi Mn = 3497295,7 kgm$$

$$\phi Mn > Mu \quad (\text{OK})$$

9. Penyaluran Tulangan Pasak

Berdasarkan SNI 2847-2013, untuk panjang penyaluran tulangan tekan diambil dari yang terbesar diantara:

$$\ell_{dc1} = \frac{0,24 \cdot fy}{\lambda \cdot \sqrt{fc'}} \cdot db = \frac{0,24 \cdot 400}{1 \cdot \sqrt{35}} \cdot 32mm = 519,3mm$$

$$\ell_{dc2} = 0,043 \cdot db \cdot f_y = 0,043 \cdot 32\text{mm} \cdot 400 = 550,4\text{mm}$$

Didapatkan ℓ_{dc} terbesar yaitu = 550,4mm \approx 560 mm

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.2, untuk Panjang penyaluran tulangan Tarik diambil sebagai berikut:

$$\ell_d = \left(\frac{f_y \cdot \psi_s \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot db$$

$$\ell_d = \left(\frac{400 \cdot 1 \cdot 1}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{35}} \right) \cdot 32 = 1273\text{mm} \approx 1300 \text{ mm}$$

7.2.5. Perhitungan Pondasi Tipe P4

1. Perencanaan Dimensi Poer

Pada perencanaan pondasi tiang pancang (S) menurut “Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa-Jilid 2 (Karl Terzaqhi dan Ralph B. Peck)” menyebutkan bahwa :

Perhitungan jarak antar tiang pancang (S)

$$S \geq 2,5 D$$

$$S \geq 2,5 \times 0,5 \text{ m}$$

$$S \geq 1,25 \text{ m}$$

Maka dipakai S= 1,25 m

Perhitungan jarak tiang ke tepi poer (S')

$$S' > 1,5 D$$

$$S' > 1,5 \times 0,5 \text{ m}$$

$$S' > 0,75 \text{ m}$$

Maka dipakai S= 0,75 m

Sehingga total lebar poer:

$$b = 0,75 + 0,75 = 1,5 \text{ m}$$

$$h = 0,75\text{m} + 1,25\text{m} + 0,75\text{m} = 2,75\text{m}$$

Untuk tinggi poer direncanakan setebal= 0,75 m

$$t_s = 75\text{mm}$$

Direncanakan tulangan D 32

$$d = 750\text{mm} - 75\text{mm} - 19\text{mm} - \frac{19\text{mm}}{2} = 646,5\text{mm}$$

2. Gaya yang terjadi pada Pondasi

Dari program bantu SAP 2000 , diketahui gaya-gaya yang terjadi pada joint 329 yaitu sebagai berikut:

- Akibat beban tetap (1D+1L)
 - $P = 62715,854 \text{ kg}$
 - $M_x = 1142,423 \text{ kgm}$
 - $M_y = 1099,819 \text{ kgm}$
 - $\Sigma P = P + W_{\text{poer}} = 62715,854 \text{ kg} + 7425 \text{ kg}$
 - $\Sigma P = 70140,854 \text{ kg}$
 - $W_{\text{poer}} = 2,75\text{m} \times 1,5\text{m} \times 0,75\text{m} \times 2400 = 7425 \text{ kg}$
- Akibat beban sementara (1,2D+Ex)
 - $P = 94919,767 \text{ kg}$
 - $M_x = 3176,014 \text{ kgm}$
 - $M_y = 5876,783 \text{ kgm}$
 - $\Sigma P = P + W_{\text{poer}} = 94919,767 \text{ kg} + 7425 \text{ kg}$
 - $\Sigma P = 102344,767 \text{ kg}$
 - $W_{\text{poer}} = 2,75\text{m} \times 1,5\text{m} \times 0,75\text{m} \times 2400 = 7425 \text{ kg}$
- Akibat beban sementara (1,2D+Ey)
 - $P = 2365942,28 \text{ kg}$
 - $M_x = 38153,66 \text{ kgm}$
 - $M_y = 185734,45 \text{ kgm}$
 - $\Sigma P = P + W_{\text{poer}} = 2365942,28 \text{ kg} + 7425 \text{ kg}$
 - $\Sigma P = 91060,499 \text{ kg}$
 - $W_{\text{poer}} = 2,75\text{m} \times 1,5\text{m} \times 0,75\text{m} \times 2400 = 7425 \text{ kg}$

3. Perhitungan Kebutuhan Tiang Pancang

$$np = \frac{P}{P_{all}}$$

Dimana:

np = jumlah tiang

P = gaya aksial yang terjadi (1D+1L)

P_{all} = daya dukung ijin

$$np = \frac{70140,854 \text{ kg}}{207,1 \text{ ton} \times 1000} = 1, \text{ namun digunakan 2 buah.}$$

4. Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Efisiensi

Berdasarkan rumus *converse-Labbarre* dari *Uniform Building Code ASTHO*, perhitungan efisiensi adalah:

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n}$$

Dimana:

E_g = efisiensi kelompok tiang

θ = arc tg (D/s) (derajat)

D = ukuran penampang tiang

s = jarak antar tiang (as ke as)

m = jumlah tiang dalam kolom

n = jumlah tiang dalam baris

$$\theta = \text{arc tg} \cdot \frac{0,5m}{1,25m} = 21,8$$

$$E_g = 1 - 21,8 \frac{(1-1)2 + (2-1)1}{90 \cdot 2 \cdot 1} = 0,88$$

Maka daya dukung vertikal kelompok adalah:

$$E_g \cdot \text{Daya dukung} \cdot np = 0,88 \cdot 207,1 \cdot 2$$

$$= 364,058 \text{ ton tiang telah memenuhi.}$$

$$364,058 \text{ ton} > P_u = 70,14 \text{ ton} \quad (\text{OK})$$

5. Beban Maksimum Tiang pada Kelompok Tiang

$$P_{maks} = \frac{P_u}{np} \pm \frac{M_y \cdot X_{max}}{n_y \sum X^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{max}}{n_x \sum Y^2}$$

Dimana :

P maks = beban maksimum tiang

P_u = gaya aksial yang terjadi (terfaktor)

M_y = momen yang berkerja tegak lurus sumbu y

M_x = momen yang berkerja tegak lurus sumbu x

X_{max} = jarak tiang arah sumbu x terjauh

Y_{\max} = jarak tiang arah sumbu y terjauh

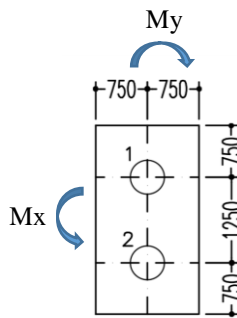
$\sum X^2$ = jumlah kuadrat X

$\sum Y^2$ = jumlah kuadrat Y

n_x = banyak tiang dalam satu baris arah sumbu x

n_y = banyak tiang dalam satu baris arah sumbu y

n_p = jumlah tiang



Gambar 7. 13 Gaya yang terjadi pada Poer dan Tiang Pancang P4

Tabel 47 Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat P4

No.	x	x ²	y	y ²
1	0	0	-0.45	0.2025
2	0	0	0.45	0.2025
	$\sum x^2$	0	$\sum y^2$	0.405

$X_{\max} = 0$ m

$Y_{\max} = 0,45$ m

$\sum X^2 = 0$

$\sum Y^2 = 0,41$

- a. Perhitungan Akibat Beban Tetap (1D+1L)

$$P_{maks} = \frac{62715,85kg}{2} \pm \frac{1099,819 \text{ kg.m} \cdot 0m}{2 \cdot 0m^2} \\ \pm \frac{1142,423 \text{ kg.m} \cdot 0,45m}{1 \cdot 0,41m^2}$$

$$P1 = 30,08 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

$$P2 = 32,63 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

- b. Perhitungan Akibat Beban Sementara (1,2D+Ex)

$$P_{maks} = \frac{94919,767kg}{2} \pm \frac{5876,783 \text{ kg.m} \cdot 0m}{2 \cdot 0m^2} \\ \pm \frac{3176,014 \text{ kg.m} \cdot 0,45m}{1 \cdot 0,41m^2}$$

$$P1 = 43,93 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

$$P2 = 50,989 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

- c. Perhitungan Akibat Beban Sementara (1,2D+Ey)

$$P_{maks} = \frac{83635,499kg}{2} \pm \frac{185734,45 \text{ kg.m} \cdot 0m}{2 \cdot 0m^2} \\ \pm \frac{38153,66 \text{ kg.m} \cdot 0,45m}{1 \cdot 0,41m^2}$$

$$P1 = 39,74 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

$$P2 = 43,896 \text{ ton} < \text{Daya dukung ijin} = 207,1 \text{ ton (OK)}$$

6. Cek Perhitungan Geser Satu Arah pada Poer

Gaya geser yang berkerja pada penampang kritis adalah:

$$Vu = \sigma \cdot L \cdot G'$$

Dimana:

Vu = gaya geser

σ = tegangan tanah yang terjadi

L = Panjang pondasi

G' = daerah pembebanan yang diperhitungkan untuk geser satu arah

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{94919,767kg}{1,5m \cdot 2,75m}$$

$$\sigma = 23011 \text{ kg/m}^2 = 23,01 \text{ ton/m}^2$$

$$G' = L - \left(\frac{L}{2} + \frac{\text{lebar kolom}}{2} + d \right)$$

$$G' = 2250mm - \left(\frac{2750mm}{2} + \frac{850mm}{2} + 646,5mm \right)$$

$$G' = 428,5mm = 0,4285 \text{ m}$$

Maka,

$$Vu = 23,01 \text{ ton/m}^2 \cdot 2,75m \cdot 0,4285 \text{ m}$$

$$Vu = 27,115 \text{ ton}$$

Kuat geser beton adalah:

$$\phi Vc = \phi \frac{1}{6} \sqrt{f'c'} \cdot b \cdot d$$

$$Vc = \frac{1}{6} \sqrt{35} \cdot 2750mm \cdot 646,5mm = 95,6 \text{ ton}$$

Kontrol

$$Vc > Vu$$

$$95,6 \text{ ton} > 27,115 \text{ ton} \quad (\text{OK})$$

7. Cek Perhitungan Geser Dua Arah pada Poer

$$Vu = \sigma (L^2 - B'^2)$$

Dimana:

σ = tegangan tanah yang terjadi

L = Panjang pondasi

B' = lebar penampang kritis pondasi

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{94919,767kg}{1,5m \cdot 2,75m}$$

$$\sigma = 23011 \text{ kg/m}^2 = 23,01 \text{ ton/m}^2$$

$$B' = \text{lebar kolom} + 2 (0,5 d)$$

$$B' = 850mm + 2 (0,5 \cdot 646,5mm) = 1247mm$$

Maka,

$$Vu = 23,01 \text{ ton/m}^2 - (2,75^2 \cdot 1247^2) = 138,3 \text{ ton}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.11.2.1 (a),(b),dan (c), bahwa perencanaan plat atau pondasi telapak aksi dua arah, nilai V_c harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terkecil:

- $V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b_0 \cdot d$

Dimana:

β = rasio dari sisi Panjang terhadap sisi pendek kolom

$$\beta = 850\text{mm}/850\text{mm} = 1$$

b_0 = keliling dari penampang kritis

$$b_0 = 2 \cdot (b \text{ kolom} + h \text{ kolom}) + 4d$$

$$b_0 = 2 \cdot (850\text{mm} + 850\text{mm}) + 4 \cdot 646,5 \text{ mm} = 4986\text{mm}$$

$\lambda = 1$ (untuk beton normal)

Maka ,

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 4986\text{mm} \cdot 646,5\text{mm}$$

$$V_c = 9725792,545\text{N} = 972,5793 \text{ ton}$$

- $V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_0} + 2\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b_0 \cdot d$

Dimana:

$\alpha_s = 40$ (untuk kolom tengah)

$\alpha_s = 30$ (untuk kolom tepi)

$\alpha_s = 20$ (untuk kolom sudut)

Maka ,

$$V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{40 \cdot 646,5\text{mm}}{4986\text{mm}} + 2\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 4986\text{mm} \cdot 646,5\text{mm}$$

$$V_c = 11375007,54 \text{ N} = 1137,501 \text{ ton}$$

- $V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b_0 \cdot d$

$$V_c = 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 4986 \text{ mm} \cdot 646,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 6293159,88 \text{ N} = 629,316 \text{ ton}$$

Maka dari 3 persamaan diatas, dipakai nilai V_c yang terkecil yaitu $V_c = 1182,769 \text{ ton}$.

Sehingga $V_u = 138,3 \text{ ton} < V_c = 629,316 \text{ ton}$ (OK)

8. Perencanaan Tulangan lentur Poer

Pada perencanaan tulangan lentur pada poer, nantinya poer diasumsikan sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap.

Diketahui:

$$b_{\text{poer}} = 1500 \text{ mm}$$

$$h_{\text{poer}} = 2750 \text{ mm}$$

$$t_{\text{poer}} = 750 \text{ mm}$$

$$t_{s \text{ poer}} = 75 \text{ mm}$$

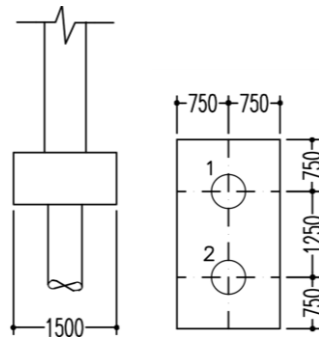
$$\text{Diameter lentur} = 32 \text{ mm}$$

$$dx = 750 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - \frac{19 \text{ mm}}{2} = 665,5 \text{ mm}$$

$$dy = 750 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 19 \text{ mm} - \frac{19 \text{ mm}}{2}$$

$$dy = 646,5 \text{ mm}$$

b. Penulangan Poer Arah X



Gambar 7. 14 Pondasi yang ditinjau dari Arah X P4

$$Mu = -Mq + Mp$$

$$Mu = -(0,5 \cdot qu \cdot b1^2) + (P \cdot b2)$$

$b1$ = jarak dari ujung poer ke tepi kolom

$$b1 = (1500m - (\frac{1500m}{2} + \frac{0,85m}{2})) = 0,45m$$

$b2$ = jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom

$$b2 = 0,45m$$

qu = berat poer pada daerah yang ditinjau

$$qu = 1,5m \cdot 0,75m \cdot 2400kg/m^3 = 2700kg/m$$

Maka,

$$Mu = -(0,5 \cdot 2700kg/m \cdot 0,45^2) + (94919,767 kg \cdot 0,45m)$$

$$Mu = 42440,52kgm$$

Bila digunakan tulangan D19 – 150mm maka:

$$\phi Mn = \phi \cdot As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{1}{2}a\right)$$

$$As = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot dia^2 \cdot \left(\frac{bentang\ arah\ x}{s}\right)$$

$$As = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 19^2 \cdot \left(\frac{1500mm}{150mm}\right) = 2835 mm^2$$

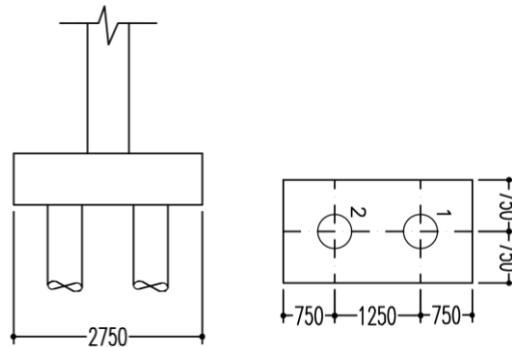
$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc \cdot b} = \frac{2835 \text{ mm}^2 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 1500 \text{ mm}} = 25,41 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = 0,8 \cdot 2835 \text{ mm} \cdot 400 \cdot \left(665,5 \text{ mm} - \frac{1}{2} 25,41 \text{ mm} \right)$$

$$\phi Mn = 66639,79 \text{ kgm}$$

$$\phi Mn > Mu \quad (\text{OK})$$

c. Penulangan Poer Arah Y



Gambar 7. 15 Pondasi yang ditinjau dari Arah Y P4

$$Mu = -Mq + Mp$$

$$Mu = -(0,5 \cdot qu \cdot b1^2) + (P \cdot b2)$$

$b1$ = jarak dari ujung poer ke tepi kolom

$$b1 = (2,75 \text{ m} - \left(\frac{2,75 \text{ m}}{2} + \frac{0,85 \text{ m}}{2} \right)) = 1,075 \text{ m}$$

$b2$ = jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom

$$b2 = 1,075 \text{ m} - 0,75 = 0,325 \text{ m}$$

qu = berat poer pada daerah yang ditinjau

$$qu = 2,75 \text{ m} \cdot 0,75 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 4950 \text{ kg/m}$$

Maka,

$$Mu = -(0,5 \cdot 4950 \text{ kg/m} \cdot 1,075^2) + (94919,767 \text{ kg} \cdot 0,325 \text{ m})$$

$$Mu = 27989 \text{ kgm}$$

Bila digunakan tulangan D19 – 150mm maka:

$$\phi Mn = \phi \cdot As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$As = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot dia^2 \cdot \left(\frac{\text{bentang arah } y}{s} \right)$$

$$As = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 19^2 \cdot \left(\frac{2750 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} \right) = 5198,027 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc \cdot b} = \frac{5198,027 \text{ mm}^2 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 1500 \text{ mm}} = 46,59 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = 0,8 \cdot 5198,027 \text{ mm} \cdot 400 \cdot \left(646,5 \text{ mm} - \frac{1}{2} 46,59 \text{ mm} \right)$$

$$\phi Mn = 63610,6 \text{ kgm}$$

$$\phi Mn > Mu \quad (\text{OK})$$

9. Penyaluran Tulangan Pasak

Berdasarkan SNI 2847-2013, untuk panjang penyaluran tulangan tekan diambil dari yang terbesar diantara:

$$\ell_{dc1} = \frac{0,24 \cdot fy}{\lambda \cdot \sqrt{fc'}} \cdot db = \frac{0,24 \cdot 400}{1 \cdot \sqrt{35}} \cdot 19 \text{ mm} = 308,3 \text{ mm}$$

$$\ell_{dc2} = 0,043 \cdot db \cdot fy = 0,043 \cdot 19 \text{ mm} \cdot 400 = 326,8 \text{ mm}$$

Didapatkan ℓ_{dc} terbesar yaitu = $326,8 \text{ mm} \approx 350 \text{ mm}$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.2, untuk Panjang penyaluran tulangan Tarik diambil sebagai berikut:

$$\ell_d = \left(\frac{fy \cdot \psi_s \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'}} \right) \cdot db$$

$$\ell_d = \left(\frac{400 \cdot 1,1}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{35}} \right) \cdot 19 = 755,7 \text{ mm} \approx 800 \text{ mm}$$

BAB VIII

METODE PELAKSANAAN

8.1. Metode Pelaksanaan Kolom, Balok, dan Plat

8.1.1. Tower Crane



Gambar 8. 1 Tower Crane

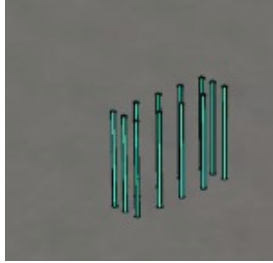
Untuk pekerjaan proyek hotel 12 lantai dengan ketinggian 47,4m, dibutuhkan tower crane dalam mobilasi peralatan maupun material yang dibutuhkan. Tower crane dipasang ketinggiannya mengikuti tinggi proyek yang sudah terbangun. Letak tower crane harus mencakup daerah lokasi proyek. Hal itu dapat disesuaikan dengan spesifikasi tower crane yang akan digunakan.

8.1.2. Fabrikasi Tulangan

Sebelum tulangan dipasang di lapangan, dilakukan dahulu fabrikasi tulangan. Fabrikasi tulangan ini adalah perakitan tulangan yang sudah direncanakan dengan menggunakan bar bender dan bar cutter.

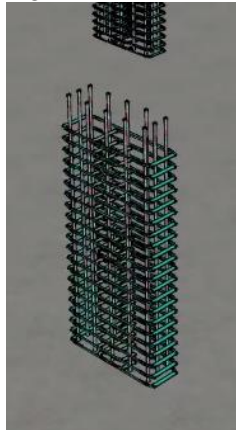
8.1.3. Instalasi Penulangan Kolom

Sebelum dilakukan instalasi tulangan kolom, sebelumnya sudah terpasang tulang penyaluran kolom dari pile cap seperti gambar berikut:



Gambar 8. 2 Tulangan Kolom untuk Penyaluran dari Pilecap

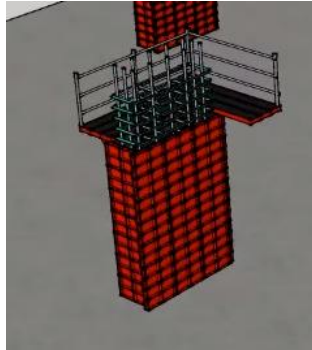
Kemudian disambungkan dengan tulangan kolom yang sudah di fabrikasi dengan dibantu pengangkatannya oleh towe crane. Seperti gambar berikut:



Gambar 8. 3 Tulangan Kolom yang sudah terpasang

8.1.4. Pemasangan Bekisting Kolom

Setelah tulangan kolom terpasang, dilakukan pekerjaan bekisting kolom seperti pada gambar berikut:



Gambar 8. 4 Pemasangan Bekisting Kolom

Bekisting diletakkan pada marking dimensi kolom yang sudah direncanakan. Dan sebelum dipasang menjadi kesatuan, bekisting di olesi oil form dahulu untuk mempermudah pelepasan bekisting saat beton mengeras.

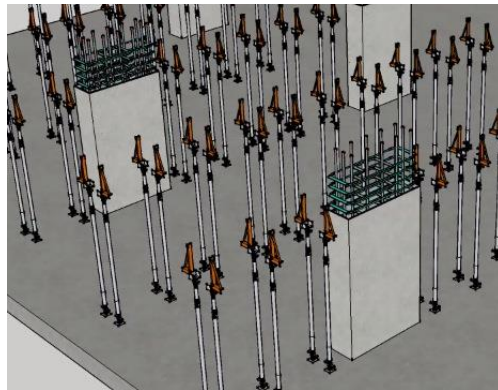
8.1.5. Pengecoran Kolom

Setelah bekisting terpasang, dapat dilakukan pengecoran kolom. Untuk pengecoran pada kolom di elevasi yang terlalu tinggi, dapat menggunakan bucket maupun concrete pump. Untuk metode bucket akan dibantu mobilisasi nya oleh tower crane. Sebelum beton dari vendor di gunakan pengecoran, Quality Control sebelumnya akan melakukan tes slump dahulu dan diambil benda uji silinder apabila memesan beton dengan mutu beton f_c' . Setelah tes slump lolos, dan sudah diambil benda uji, maka di lakukanlah pengecoran. Saat pengecoran, pekerja akan menggunakan alat vibrator untuk meratakan beton agar dapat masuk ke dalam bekisting dan tulangan secara merata.



Gambar 8. 5 Pengecoran Kolom

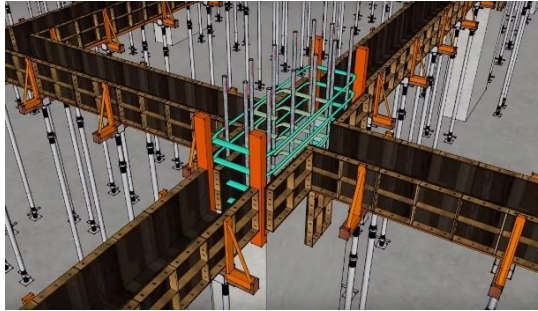
- 8.1.6. Pemasangan *Scaffolding* Persiapan Pekerjaan Balok
 Setelah Kolom selesai, dapat dipasang scaffolding untuk melakukan pekerjaan balok. Saat akan melakukan pekerjaan balok, bekisting kolom lebih baik tidak dilepas dahulu. Namun apabila bekisting diperlukan untuk pekerjaan kolom yang lain, maka dapat dilepas setelah 12 jam.



Gambar 8. 6 Pemasangan Scaffolding

8.1.7. Pemasangan Bekisting Balok

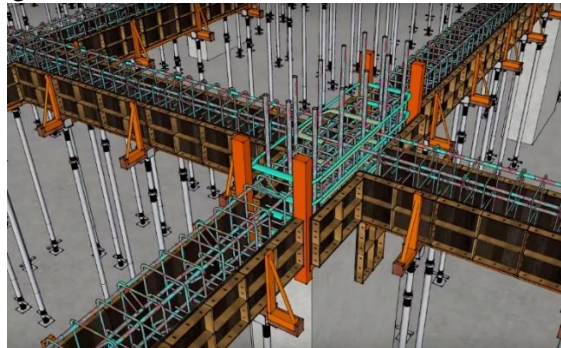
Setelah scaffolding sudah terpasang, dapat dilakukan pemasangan bekisting balok. Bekisting sebelumnya sudah dilapisi oil form untuk mempermudah pembongkaran bekisting.



Gambar 8. 7 Pemasangan Bekisting Balok

8.1.8. Instalasi Penulangan Balok

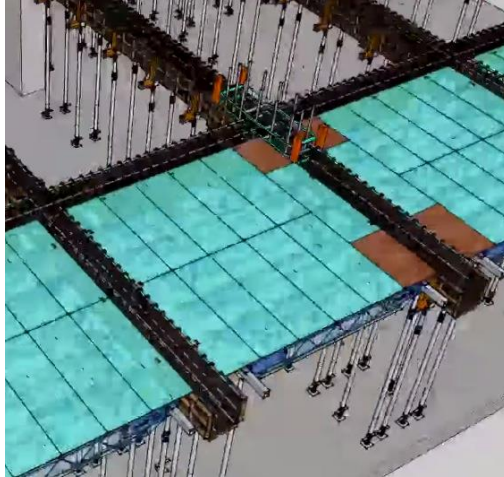
Setelah bekisting balok terpasang, dapat dilakukan instalasi tulangan balok. Tulangan Balok yang sudah di fabrikasi akan diangkat oleh tower crane menuju bekisting balok yang sudah dibuat.



Gambar 8. 8 pemasangan Tulangan Balok

8.1.9. Pemasangan *Scaffolding* Persiapan Pekerjaan Bekisting Plat

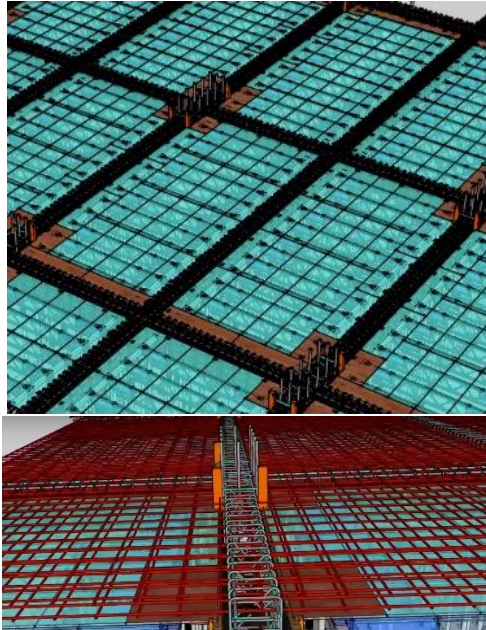
Setelah penulangan balok terpasang, *scaffolding* untuk pekerjaan bekisting plat dapat dipasang.



Gambar 8. 9 Pemasangan Bekisting Pelat

8.1.10. Instalasi Tulangan Plat

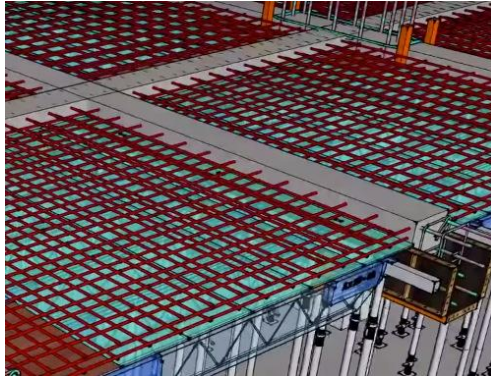
Setelah bekisting plat terpasang, dapat dilakukan instalasi tulangan pelat. Untuk tulangan plat biasanya dilakukan instalasi di lokasi langsung. Tulangan dalam bentuk polos dalam jumlah banyak akan diangkat tower crane ke atas bekisting plat dan akan dipasang langsung oleh pekerja.



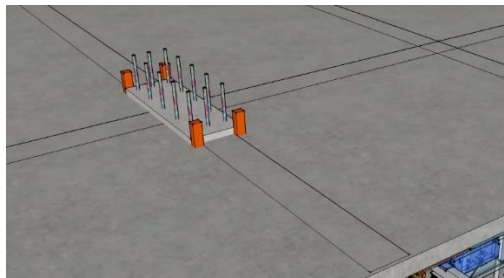
Gambar 8. 10 Pemasangan Tulangan Pelat

8.1.11. Pengecoran Balok

Setelah tulangan plat sudah terpasang, dapat dilakukan pengecoran balok terlebih dahulu, kemudian dilanjutkan dengan pengecoran plat. Sama seperti pengecoran kolom, sebelumnya Quality Control akan melakukan test slump dan mengambil benda uji terlebih dahulu. Dan saat pengecoran, pekerja akan menggunakan alat vibrator untuk meratakan proses pengecoran.



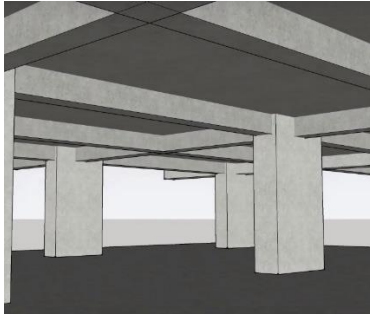
Gambar 8. 11 Pengecoran Balok



Gambar 8. 12 Pengecoran Plat

8.1.12. Pengulangan Tahapan Metode Pelaksanaan

Setelah pekerjaan kolom, balok, dan plat pada lantai 1 selesai, maka untuk pekerjaan lantai 2 sampai lantai 12 dilakukan pula dengan tahapan yang sama.



Gambar 8. 13 Contoh Kolom,balok,dan Plat yang sudah dikerjakan

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IX

PENUTUP

9.1 Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil yang telah dilakukan dalam penyusunan tugas akhir terapan ini dapat ditarik beberapa kesimpulan berikut:

1. Untuk mendapatkan struktur yang efisien, perencanaan struktur Hotel 12 lantai di Malang yang dikenai desain seismik D dan termasuk kategori resiko II dapat dirancang menggunakan sistem struktur beban lateral yang memenuhi persyaratan detailing khusus (SRPMK dan Shearwall) dan pengaruh gempa rencana harus ditinjau dengan periode ulang gempa 2500 tahun.
2. Dari keseluruhan pembahasan yang telah diuraikan hasil perhitungan struktur Sekunder Gedung Hotel di Malang dengan menggunakan SRPMK dan shearwall adalah sebagai berikut:

Tabel 48 Kesimpulan Plat

Pelat Lantai 1-4					
	Dimensi		Dipasang Tulangan		
	cm	cm			
P1	400	800	10	-	150
			10	-	150
			10	-	150
			10	-	150
P2	400	400	10	-	150
			10	-	150
			10	-	150
			10	-	150
P4	200	800	10	-	150
			10	-	150
			10	-	150
			10	-	150
P3	300	400	10	-	150
			10	-	150
			10	-	150
			10	-	150
P5	150	400	10	-	150
			10	-	150
			10	-	150
			10	-	150

Pelat Lantai 5-12					
	Dimensi		Dipasang Tulangan		
	cm	cm			
P1 A	400	800	10	-	200
			10	-	200
			10	-	200
			10	-	200
			10	-	200
P2 A	400	400	10	-	200
			10	-	200
			10	-	200
			10	-	200
			10	-	200
P4 A	200	800	10	-	200
			10	-	200
			10	-	200
			10	-	200
			10	-	200
P5 A	150	400	10	-	200
			10	-	200
			10	-	200
			10	-	200

Tabel 49 Kesimpulan Pelat tangga dan Bordes

Pelat Tangga dan Bordes					
Type Plat	Tebal	Dipasang Tulangan			
		Tumpuan		Lapangan	
Tangga	150	Tul. Utama	Tul. Bagi	Tul. Utama	Tul. Bagi
		D13-200	D10-200	D13-200	D10-200
Bordes	150	Tul. Utama	Tul. Bagi	Tul. Utama	Tul. Bagi
		D13-100	D10-200	D13-100	D10-200

Tabel 50 Kesimpulan Balok Sekunder

Balok Sekunder

	Dimensi		Dipasang Tulangan		
	mm	mm	Tump.	Lap.	Senggang
BA1	350	450	6D19	4D19	D10-150
BA2	350	450	4D19	2D19	D10-150
BK	350	450	4D19	2D19	D10-150

3. Dari keseluruhan pembahasan yang telah diuraikan hasil perhitungan struktur Primer Gedung Hotel di Malang dengan menggunakan SRPMK dan shearwall adalah sebagai berikut:

Tabel 51 Kesimpulan Balok Primer

Balok Induk

	Dimensi		Dipasang Tulangan				
	mm	mm	Tump. Kanan	Lap.	Tump. Kiri	Senggang	Torsi
BI1	600	750	10D32	5D32	8D32	Tump. 4kaki D13-50	2D32
			5D32	5D32	5D32	Lap. 2kaki D13-70	
BI1A	600	750	6D32	4D32	6D32	Tump. 4kaki D13-50	2D32
			4D32	4D32	4D32	Lap. 2kaki D13-150	
B2	400	500	4D25	2D32	4D32	Tump. 3kaki D13-50	2D325
			3D32	3D32	3D32	Lap. 2kaki D13-100	

Tabel 52 Kesimpulan Kolom

Kolom					
	Dimensi		Dipasang Tulangan		
	mm	mm	Tul. Lentur	Tul Geser	
K1	850	850	12 D32	sejarak $\ell 0$	3 kaki D16-100
				diluar $\ell 0$	3 kaki D16-150
K2	600	600	12D25	sejarak $\ell 0$	3 kaki D16-100
				diluar $\ell 0$	3 kaki D16-150

Tabel 9.6 Tabel Kesimpulan Kolom Sloof

Sloof						
	Dimensi		Dipasang Tulangan			
	mm	mm	Tump. .Kana n	Lap.	Tump. Kiri	Senggang Torsi
S1	600	750	4D25	3D25	4D25	2D25
			3D25	3D25	3D25	
S2	400	500	4D19	3D19	4D19	2D19
			3D19	3D19	3D19	

Tabel 53 Kesimpulan *Shearwall*

Shearwall				
	SBE	SW	Dipasang Tulangan	
	mm	mm	Tul. Lentur	Tul Geser
SW1	850x850	350	SBE 12 D25	SBE 3 kaki D16-100
			SW ver&hor D16-400	SW D16-100

Tabel 54 Pondasi

Pondasi							
Type Plat	Dimensi Poer (b x h) m	Tebal Poer (m)	Diam. (m)	Kedalaman (m)	Jumlah Pile	Tulangan Lentur	
						x	y
P1	4 x 4	1	0,5	30	9	D32-100	D32-100
P2	4,5 x 7,5	1,2	0,5	30	15	D32-90	D32-90
P3	5,2 x 10	2,5	0,5	30	18	D32-100	D32-100
P4	1,5 x 2,75	0,75	0,5	30	2	D19-150	D19-150

4. Metode pekerjaan kolom, balok dan plat dilakukan dengan urutan yang saling berdampingan. Terdapat tahap pekerjaan balok sebelum dapat menyelesaikan kolom. Begitupun terhadap plat, terdapat tahap balok sebelum dapat menyelesaikannya.
5. Setelah hasil perencanaan sudah dibuat maka dapat digambarkan gambar tekniknya menggunakan program bantu Autocad. Gambar yang dihasilkan berupa gambar arsitektur dan struktur. Untuk melihat hasil penggambaran teknik, dapat dilihat pada lampiran gambar.

9.2 Saran

1. Dalam pengerjaan Tugas Akhir Terapan (TAT), hendaknya untuk menyusun sistematika penyusunan TAT secara urut dan menyeluruh agar dalam pengerjaannya tidak ada yang terlupakan dan berjalan lancar.

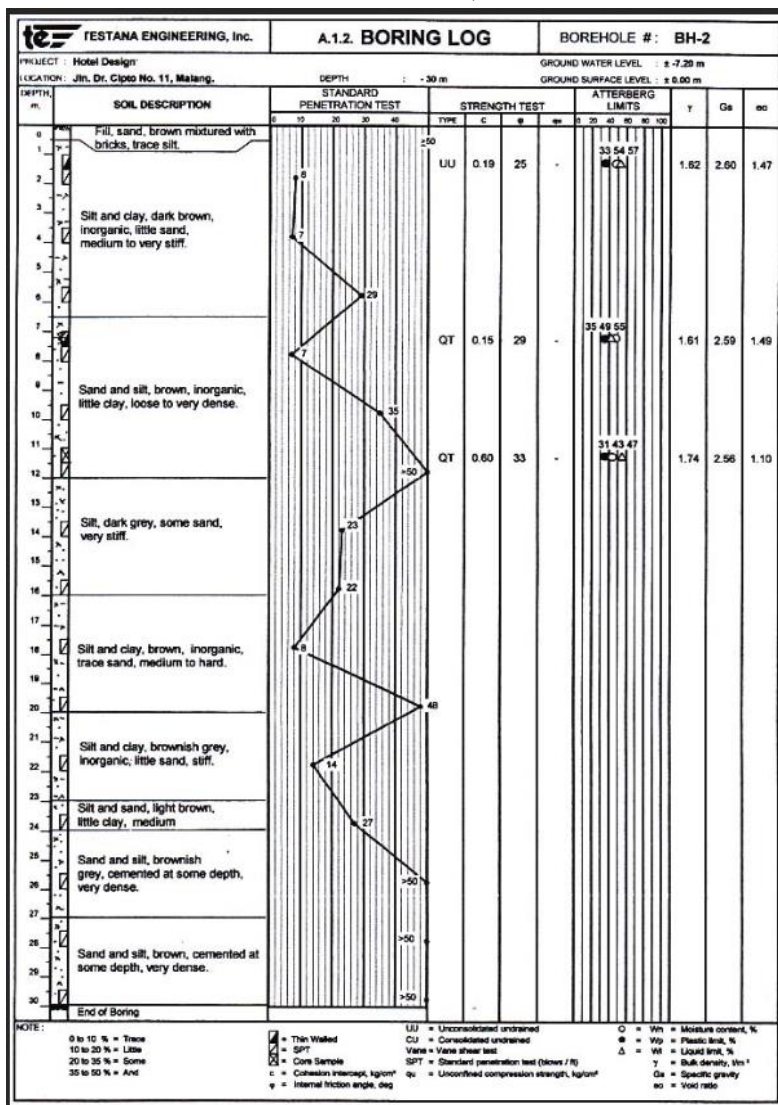
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *SNI 03-1727-2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *SNI 03-1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *SNI 03-2847-2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.
- Imran, Iswandi dan Fajar Hendrik. 2014. *Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang*. Bandung: Penerbit ITB.
- Idham, Nur Cholis. 2014. *Prinsip-Prinsip Desain Arsitektur Tahan Gempa*: Penerbit ANDI.
- ASCE 7-2010. *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structure*. American Society of Civil Engineers. Reston, Virginia.
- Sajekti, Amien. 2009. *Metode Kerja Bangunan Sipil*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Pamungkas, Anugrah dan Erny Harianti. 2013. *Desain Pondasi Tahan Gempa sesuai SNI 03-1726-2002 dan SNI-2847-2002*: Penerbit ANDI.
- Budiono, Bambang dan Nyoman Tri Hariani, Merlinda Kristalya, Silviani Lionita Claudya Manik, Eben Haezer Kurniawan, Ong. 2017. *Contoh Desain Bangunan Tahan Gempa dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Sistem Dinding Struktur Khusus di Jakarta* : Penerbit ITB

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN



Standard Dimensions & Reactions

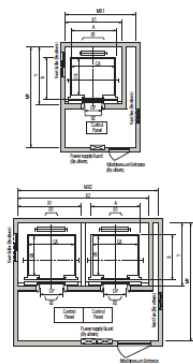
Manufacturer Standard

(Unit: mm)

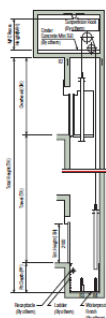
Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening	Car		Hoistway Size			Machine Room Size			M/C Room Reaction (kg)		P/R Reaction (kg)			
	Persons	kg			Internal	External	1Car	2Cars	Depth	1Car	2Cars	MY	R1	R2	R3	R4		
																	CA x CB	A x B
1.0	6	450	2-Panel Center Open	800	1400 x 850	1480 x 1000	1800	3700	1450	2000	4000	3200	3600	2000	5400	4500		
	8	550		800	1400 x 1030	1480 x 1185	1800	3700	1450	2000	4000	3400	4050	2250	6000	4900		
	9	600		800	1400 x 1120	1480 x 1285	1800	3700	1750	2000	4000	3200	4100	4650	6300	5100		
	10	700		800	1400 x 1250	1480 x 1405	1800	3700	1850	2000	4000	3400	4200	3700	6800	5600		
	11	750		800	1400 x 1350	1480 x 1505	1800	3700	1950	2000	4000	3700	4350	3800	7100	5900		
	13	900		900	1600 x 1350	1680 x 1505	2050	4200	1950	2300	4400	3750	5100	3750	8100	6300		
1.5	15	1000		900	1600 x 1500	1680 x 1655	2050	4200	2100	2300	4400	3850	5450	4300	8600	6800		
	17	1150		1000	1800 x 1500	1900 x 1670	2350	4800	2300	2600	4900	3900						
				1100	2000 x 1350	2100 x 1520	2550	5100	2050	2800	5150	3800	6600	5100	11000	8700		
	20	1350		1000	1850 x 1700	1950 x 1870	2350	4800	2400	2600	4900	4200	7800	6000	12300	9500		
				1100	2000 x 1500	2100 x 1670	2550	5100	2300	2800	5150	4000						
	24	1600		1100	2000 x 1750	2100 x 1920	2550	5100	2450	2900	5400	4300	8800	6800	13400	10600		
2.0	13	900		900	1600 x 1350	1700 x 1520	2350	4600	2100	2850	4600	4250	12030	6650	9000	7900		
	15	1000		900	1600 x 1500	1700 x 1670	2350	4600	2350	2850	4600	4450	12800	6850	9600	8000		
	17	1150		1000	1800 x 1500	1900 x 1670	2450	5000	2350	2750	5000	4450						
				1100	2000 x 1350	2100 x 1520	2650	5400	2100	2950	5400	4650	13080	7150	11000	8700		
	20	1350		1000	1800 x 1700	1950 x 1870	2450	5000	2450	2750	5000	4450						
	24	1600		1100	2000 x 1750	2100 x 1920	2650	5400	2350	2950	5400	4650	14350	7650	12300	9500		
2.5					2000 x 1750	2100 x 1920	2650	5400	2350	2950	5400	4650						
	24	1600		1100	2150 x 1600	2250 x 1770	2800	5700	2350	3100	5700	4800	15100	8100	13400	10600		

Layout Plan: LUXEN (Gearless Elevators) 1~2.5m/sec | Center open

Plan of Hoistway & Machine Room



Section of Hoistway





PROPERTIES OF ECP SPUN PILE- STANDARD PRODUCTS

Nominal Diameter	Class	Nominal Thickness	Length	Nominal Weight	PC Bar		Area of concrete	Section Modulus	Bending Moment		Recommended Max Axial Working Load (For a short strut)	Effective Prestress
					7.1mm	9.0mm			Cracking	Ultimate		
mm		mm		kg/m	no.	no.	mm ²	x 1000mm ³	kNm	kNm	t	N/mm ²
250	B	55	6-12	88	6	-	33,694	1,435	14.9	29	62	8.3
300	A	60	6-12	118	6	-	45,239	2,373	20.4	34.8	85	4.6
	B	60	6-12	118	7	-	45,239	2,383	23	40.6	84	9.6
350	A	60	6-12	142	6	-	54,664	3,599	28.1	45.8	104	4
	B	70	6-12	160	9	-	61,575	3,778	35.4	60.8	115	5.3
400	A	65	6-12	178	8	-	68,408	5,106	41	61.8	130	4
	B	80	6-12	209	-	8	80,425	5,843	53.4	92.7	150	5.4
	C	80	6-12	209	-	12	80,425	5,747	69	148.3	145	7.6
450	A	70	6-12	217	10	-	83,566	7,113	57.8	86.9	158	4.1
	B	80	6-12	242	-	8	92,991	7,624	69.3	111.2	174	5.1
	C	80	6-12	242	-	12	92,991	7,734	86.5	166.9	169	7.2
500	A	80	6-12	274	12	-	105,558	9,888	79.1	115.9	200	4
	B	90	6-12	301	-	10	115,925	10,518	95.7	154.5	217	5.1
	C	90	6-12	301	-	16	115,925	10,670	119.6	231.7	210	7.2
600	A	90	6-12	375	-	12	144,199	16,580	148.3	222.5	270	4.9
	B	100	6-12	408	-	14	157,080	17,549	162.3	259.6	293	5.2
	C	100	6-12	408	-	20	157,080	17,761	198	365	286	7

Network: PHC - High Performance Spun High Concrete Piles

(Subject to change without prior notice)



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Rizky Dwi Zhafira, lahir di Surabaya, 14 April 1996, merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh Pendidikan formal di TK Hang Tuah 1 Surabaya tahun 2002, SDN Dr. Soetomo 8 Surabaya tahun 2008, SMPN 12 Surabaya tahun 2011, dan SMAN 15 Surabaya tahun 2014. Setelah lulus dari SMAN 15 Surabaya, penulis diterima di Program Studi Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP 10111410000073. Total 8 semester dan 148 sks telah dijalani penulis hingga lulus dari program studi Diploma IV Teknik Sipil (Bangunan Gedung) ini. Penulis pernah menjadi menjadi finalis 5 besar pada lomba karya tulis ilmiah “Manyar Research Competition” yang diselenggarakan oleh Himpunan Mahasiswa Diploma Sipil pada tahun 2014. Penulis juga aktif di Himpunan Mahasiswa Program Studi Diploma Teknik Infrastruktur Sipil sebagai staff departemen seni dan olahraga (ARSOD) pada periode 2015-2016 dan 2016-2017. Penulis sempat mengikuti Kerja Praktek di PT. Adhi Persada Properti pada proyek Apartemen Taman Melati MERR Mulyorejo. Penulis dapat dihubungi melalui *email*: dwir60@yahoo.com

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

UCAPAN TERIMA KASIH

Tersusunnya Tugas Akhir Terapan ini tidak lepas dari doa, dukungan dan motivasi berbagai pihak yang telah banyak membantu dan memberikan masukan serta arahan. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih dan dengan sepuh hati penulis persembahkan untuk:

1. Allah SWT yang telah memberikan ridho-Nya sehingga TAT ini berjalan dengan lancar dari mulai penyusunan hingga akhir.
2. Kedua orangtua (dra. Sri Pangestu Setiyati dan Ir.Sunaryadi), kakak (Faishal Bagus Setiawan), sebagai motivasi utama dan yang telah banyak memberi dukungan moril maupun materiil, terutama doa.
3. Bapak Ir. Sungkono, CES. Selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyusunan TAT.
4. Ibu Amalia Firdaus Mawardi, ST., MT., selaku dosen wali yang selalu memberikan bantuan, masukan, dan bimbingan selama masa perkuliahan.
5. Teman-teman sepembimbing (Mbak Sulfi, Yosa, Dedy, Atho, Faza) yang telah berbagi keluh kesah, dukungan, bantuan dan kerjasama.
6. Teman-teman tablo squad (Ivanda, Arinda, Laras, Karina, Menara, Farah, Rana, Sabrina, Rining, Cupa, Afriza, Nurindah, Roy, Fachri)
7. Teman-teman seperjuangan program studi DIV Teknik Infrastruktur Sipil 2014 (DS35), khususnya B14 yang telah banyak memberikan semangat, dukungan, bantuan dan kerja sama selama masa perkuliahan.
8. Almamater Institut Teknologi Sepuluh Nopember, terimakasih atas ilmu dan pengalaman yang sangat berharga.

TUGAS AKHIR TERAPAN-RC146599

LAMPIRAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR HOTEL 12 LANTAI DI MALANG
MENGUNAKAN SISTEM GANDA DAN METODE PELAKSANAAN
PEKERJAAN KOLOM, BALOK,DAN PELAT

MAHASISWA

RIZKY DWI ZHAFIRA

NRP. 10111410000073

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES.

NIP. 195591130 198601 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV

DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

FAKULTAS VOKASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA TAHUN 2018



TUGAS AKHIR TERAPAN- RC146599

LAMPIRAN

**PERENCANAAN ULANG STRUKTUR HOTEL 12 LANTAI DI MALANG
MENGUNAKAN SISTEM GANDA DAN METODE PELAKSANAAN
PEKERJAAN KOLOM, BALOK,DAN PELAT**

MAHASISWA

RIZKY DWI ZHAIRA

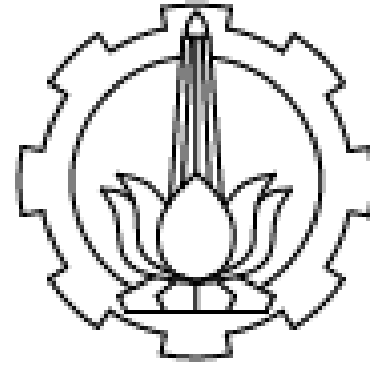
NRP. 10111410000073

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES.

NIP. 195591130 198601 1 001

**PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**



INTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

GAMBAR ARSITEKTUR DAN STRUKTUR

TUGAS AKHIR TERAPAN

**PERENCANAAN ULANG STRUKTUR HOTEL 12 LANTAI DI MALANG
MENGUNAKAN SISTEM GANDA DAN METODE PELAKSANAAN
PEKERJAAN KOLOM, BALOK,DAN PELAT**

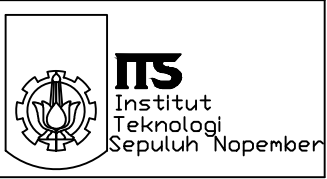
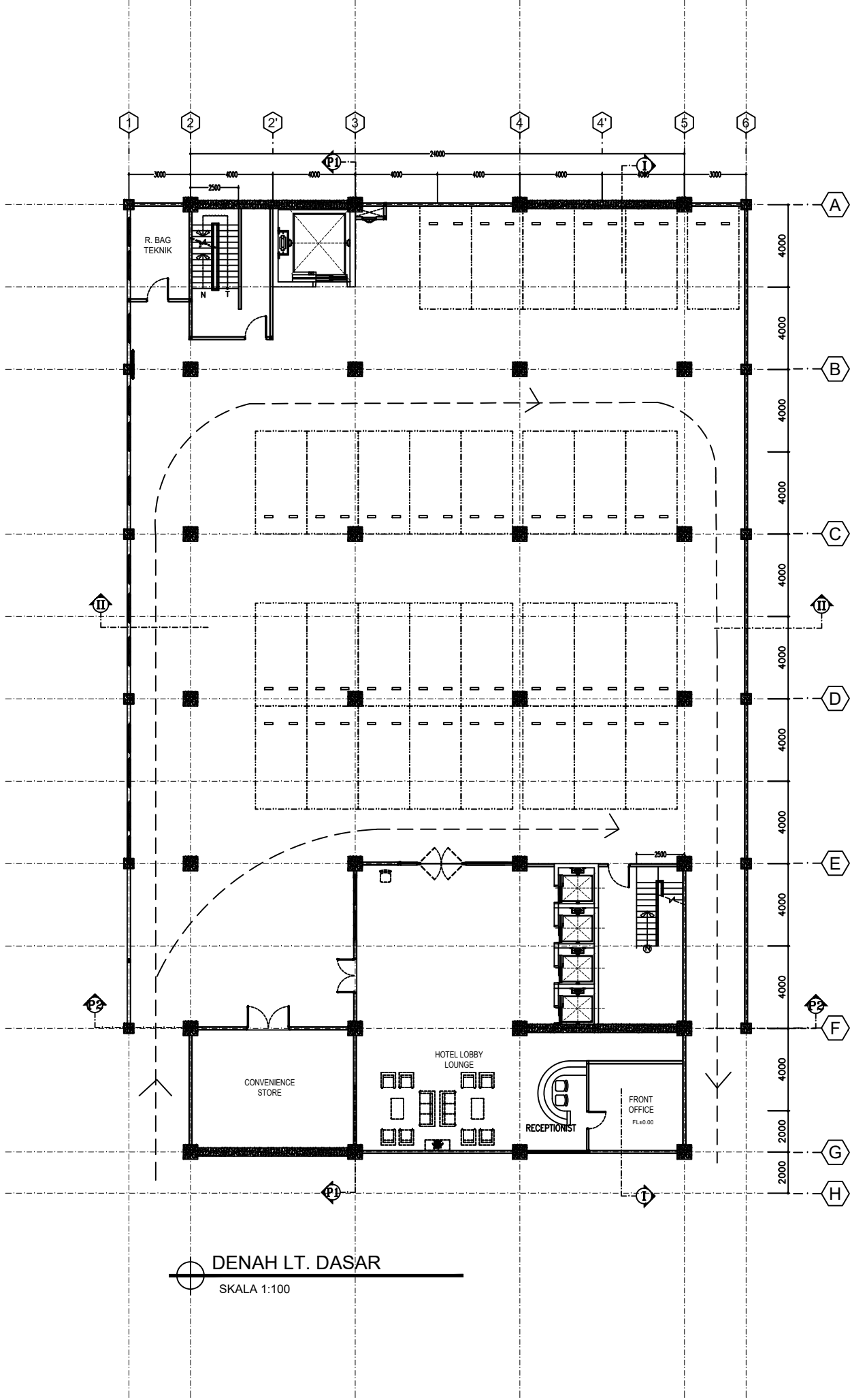
OLEH :
RIZKY DWI ZHAIRA
NRP. 10111410000073

DOSEN PEMBIMBING :
Ir. Sungkono, CES.
NIP. 195591130 198601 1001

DAFTAR GAMBAR

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	NOMOR GAMBAR
ARS	DEMAH LANTAI DASAR	01
ARS	DENAH LANTAI 2	02
ARS	DENAH LANTAI 3	03
ARS	DENAH LANTAI 4	04
ARS	DENAH LANTAI 5	05
ARS	DENAH LANTAI 6-7	06
ARS	DENAH LANTAI 8	07
ARS	DENAH LANTAI 9-12	08
ARS	DENAH LANTAI ATAP	09
ARS	TAMPAK BARAT DAYA	10
ARS	TAMPAK BARAT LAUT	11
ARS	TAMPAK TENGGARA	12
ARS	TAMPAK TIMUR LAUT	13
ARS	POTONGAN I-I	14
ARS	POTONGAN II-II	15
STR	DENAH BALOK KOLOM LANTAI DASAR,2,3,4	16
STR	DENAH BALOK KOLOM LANTAI 5,6,7	17
STR	DENAH BALOK KOLOM LANTAI 8	18
STR	DENAH BALOK KOLOM LANTAI 9,10,11,12	19
STR	DENAH BALOK KOLOM LANTAI ATAP	20
STR	RENCANA PELAT LANTAI 2,3,4	21
STR	RENCANA PELAT LANTAI 5	22
STR	RENCANA PELAT LANTAI 6,7	23
STR	RENCANA PELAT LANTAI 8	24
STR	RENCANA PELAT LANTAI 9,10,11,12	25
STR	RENCANA PELAT LANTAI ATAP	26
STR	PENULANGAN PELAT LANTAI 2,3,4	27
STR	PENULANGAN PELAT LANTAI 5	28
STR	PENULANGAN PELAT LANTAI 6,7	29
STR	PENULANGAN PELAT LANTAI 8 & ATAP	30

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	NOMOR GAMBAR
STR	PENULANGAN PELAT LANTAI 9,10,11,12	31
STR	STRUKTUR TANGGA	32
STR	PORTAL MEMANJANG	33
STR	PORTAL MELINTANG	34
STR	DETAIL PENULANGAN PORTAL MEMANJANG	35
STR	DETAIL PENULANGAN PORTAL MELINTANG	36
STR	DENAH SLOOF DAN PONDASI	37
STR	DETAIL PENULANGAN PONDASI	38
STR	DETAIL PENULANGAN SEHARWALL DAN P3	39



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
HOTEL 12 LANTAI DI MALANG
MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
KOLOM,BALOK,DAN PLAT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono,CES
NIP.195591130 198601 1001

NAMA MAHASISWA

Rizky Dwi Zhafira
NRP. 10111410000073

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Hotel
Kondisi Tanah : Tanah Keras
Mutu Beton : 35 Mpa
Mutu Baja : 400Mpa

NAMA GAMBAR

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

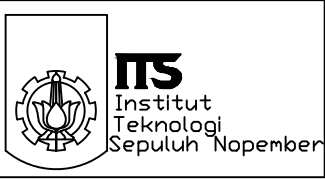
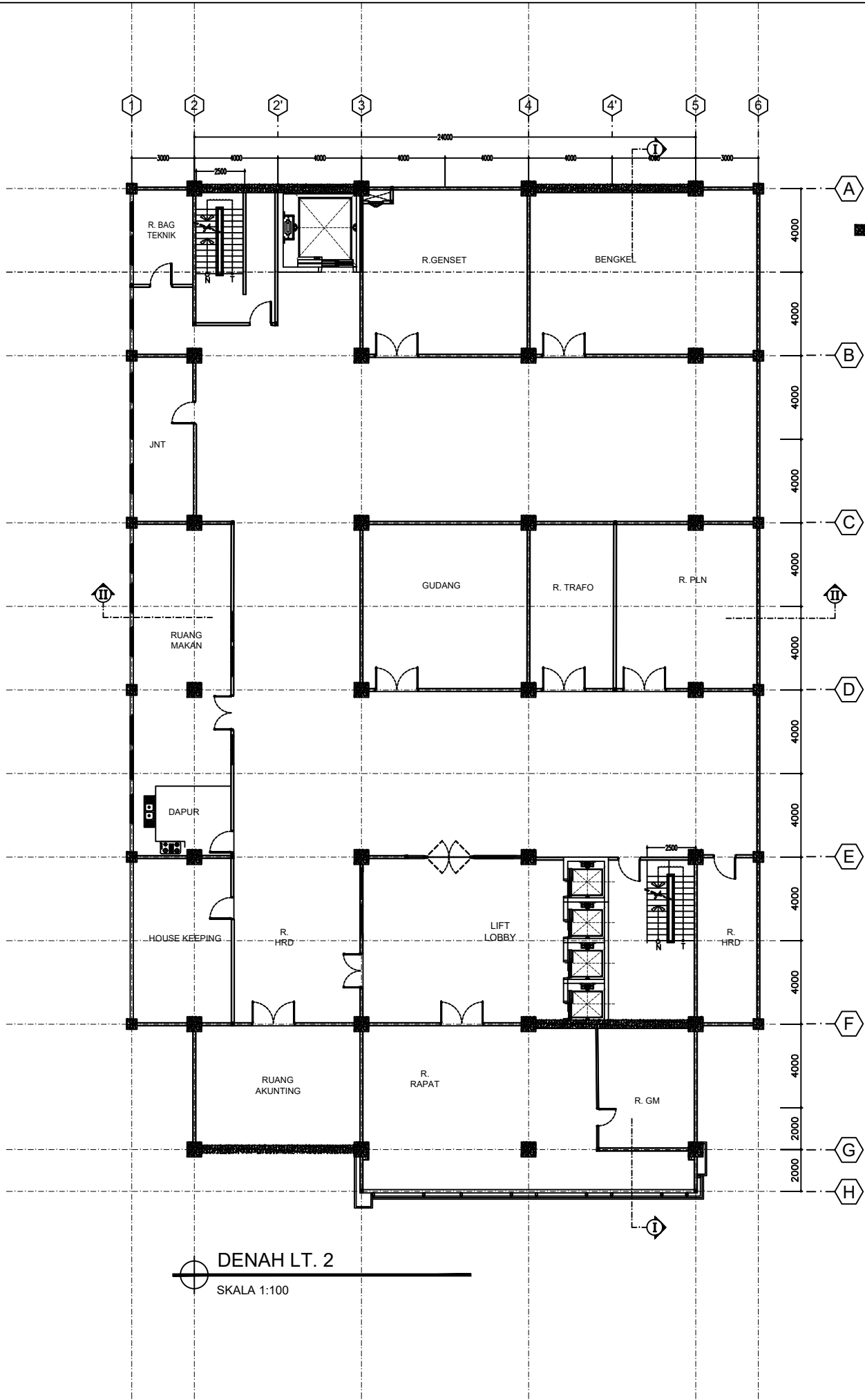
1:40

NO. LEMBAR

JML GAMBAR

01

39



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
HOTEL 12 LANTAI DI MALANG
MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
KOLOM,BALOK,DAN PLAT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono,CES
NIP.195591130 198601 1001

NAMA MAHASISWA

Rizky Dwi Zhafira
NRP. 10111410000073

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Hotel
Kondisi Tanah : Tanah Keras
Mutu Beton : 35 Mpa
Mutu Baja : 400Mpa

NAMA GAMBAR

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

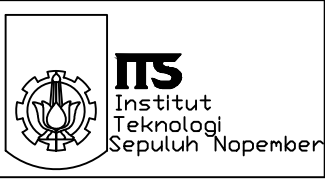
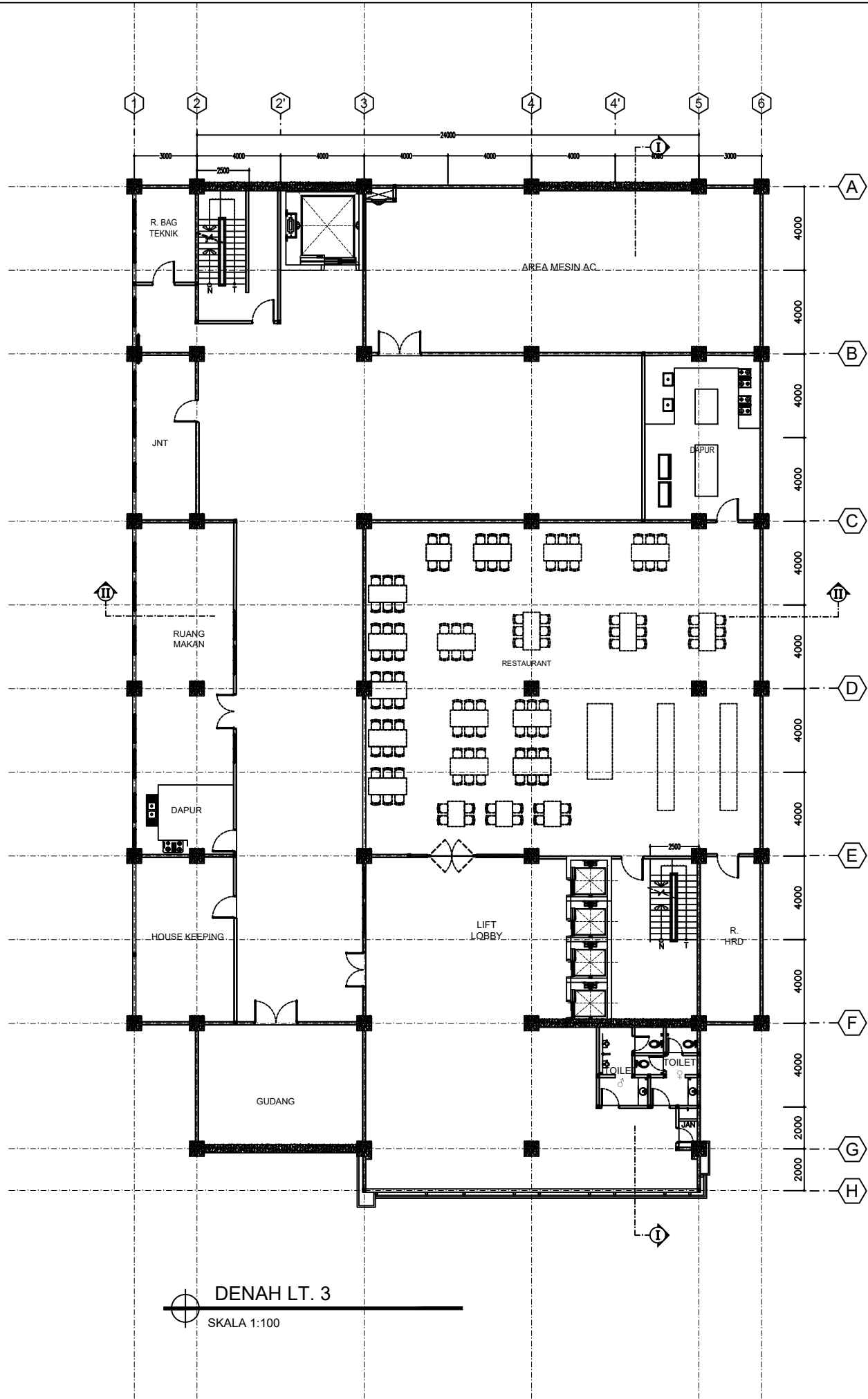
1:40

NO. LEMBAR

JML GAMBAR

02

39



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
HOTEL 12 LANTAI DI MALANG
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
KOLOM,BALOK,DAN PLAT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono,CES
NIP.195591130 198601 1001

NAMA MAHASISWA

Rizky Dwi Zhafira
NRP. 10111410000073

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Hotel
Kondisi Tanah : Tanah Keras
Mutu Beton : 35 Mpa
Mutu Baja : 400Mpa

NAMA GAMBAR

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

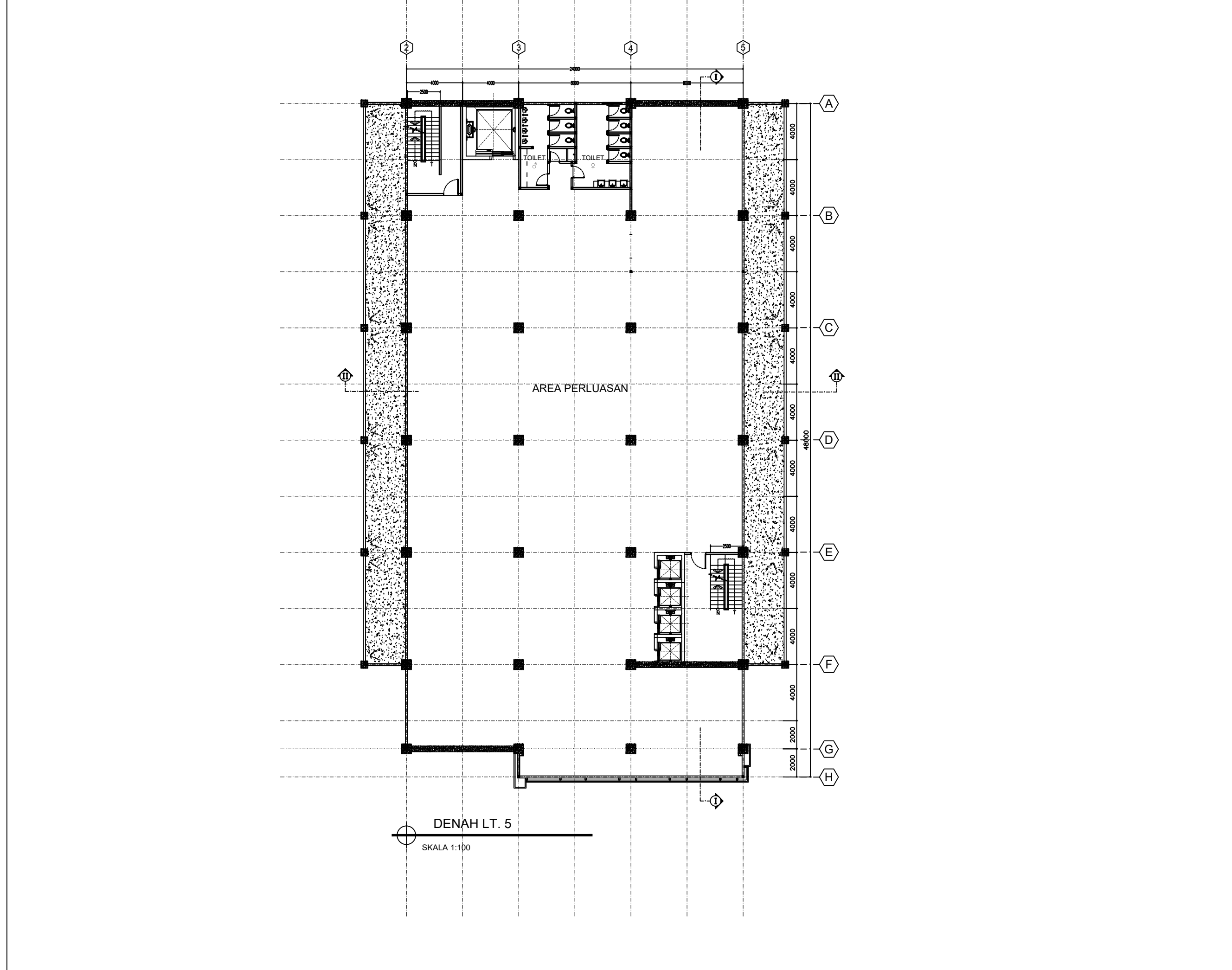
1:40

NO. LEMBAR

JML GAMBAR

03

39



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
HOTEL 12 LANTAI DI MALANG
MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
KOLOM,BALOK,DAN PLAT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono,CES
NIP.195591130 198601 1001

NAMA MAHASISWA

Rizky Dwi Zhafira
NRP. 10111410000073

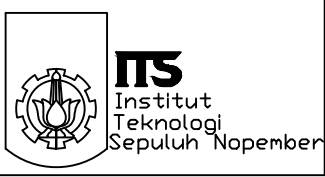
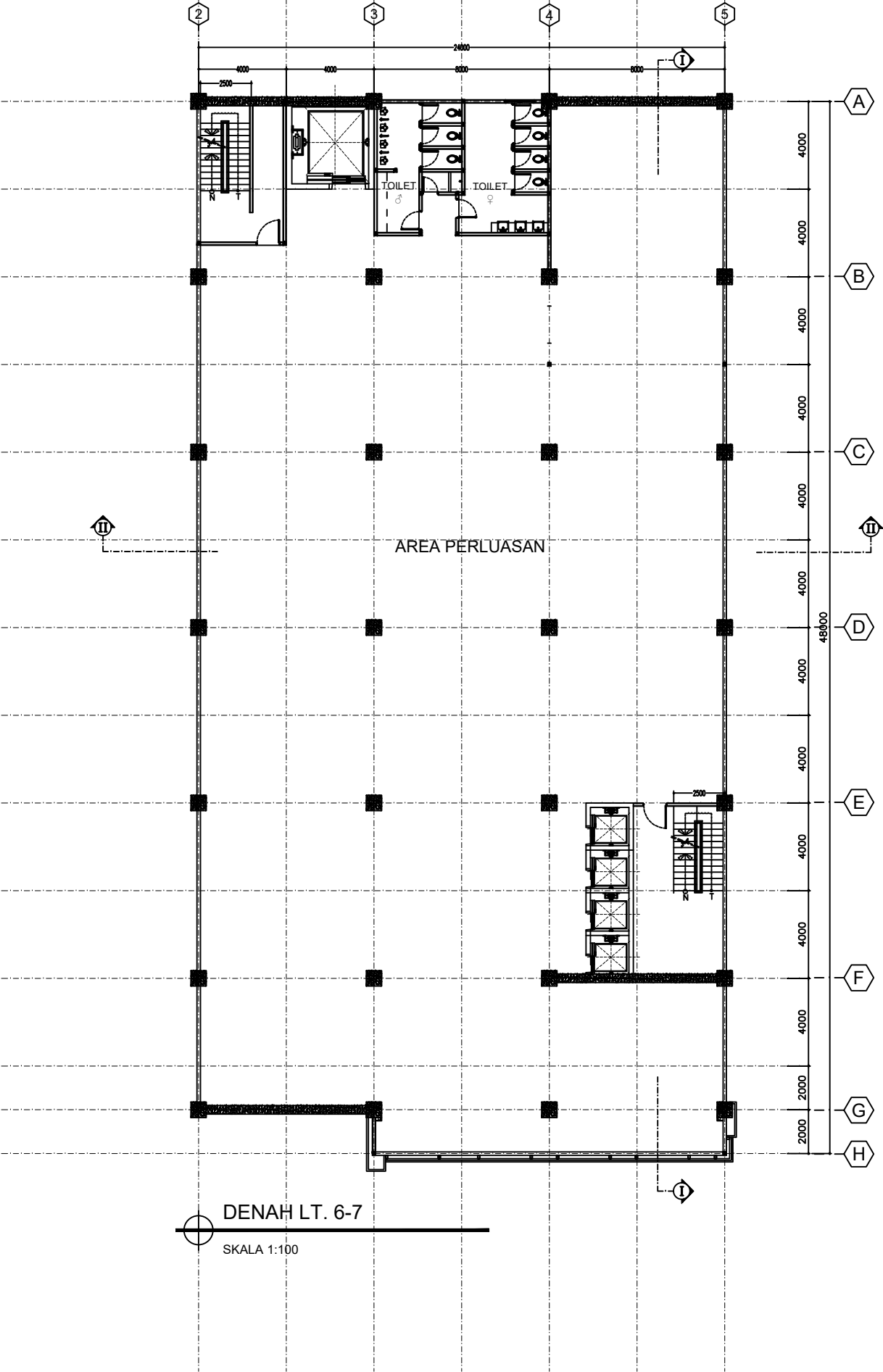
KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Hotel
Kondisi Tanah : Tanah Keras
Mutu Beton : 35 Mpa
Mutu Baja : 400Mpa

NAMA GAMBAR

KODE GAMBAR	SKALA
ARS	1:40
NO. LEMBAR	JML GAMBAR

05 39



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
HOTEL 12 LANTAI DI MALANG
MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
KOLOM,BALOK,DAN PLAT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono,CES
NIP.195591130 198601 1001

NAMA MAHASISWA

Rizky Dwi Zhafira
NRP. 10111410000073

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Hotel
Kondisi Tanah : Tanah Keras
Mutu Beton : 35 Mpa
Mutu Baja : 400Mpa

NAMA GAMBAR

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

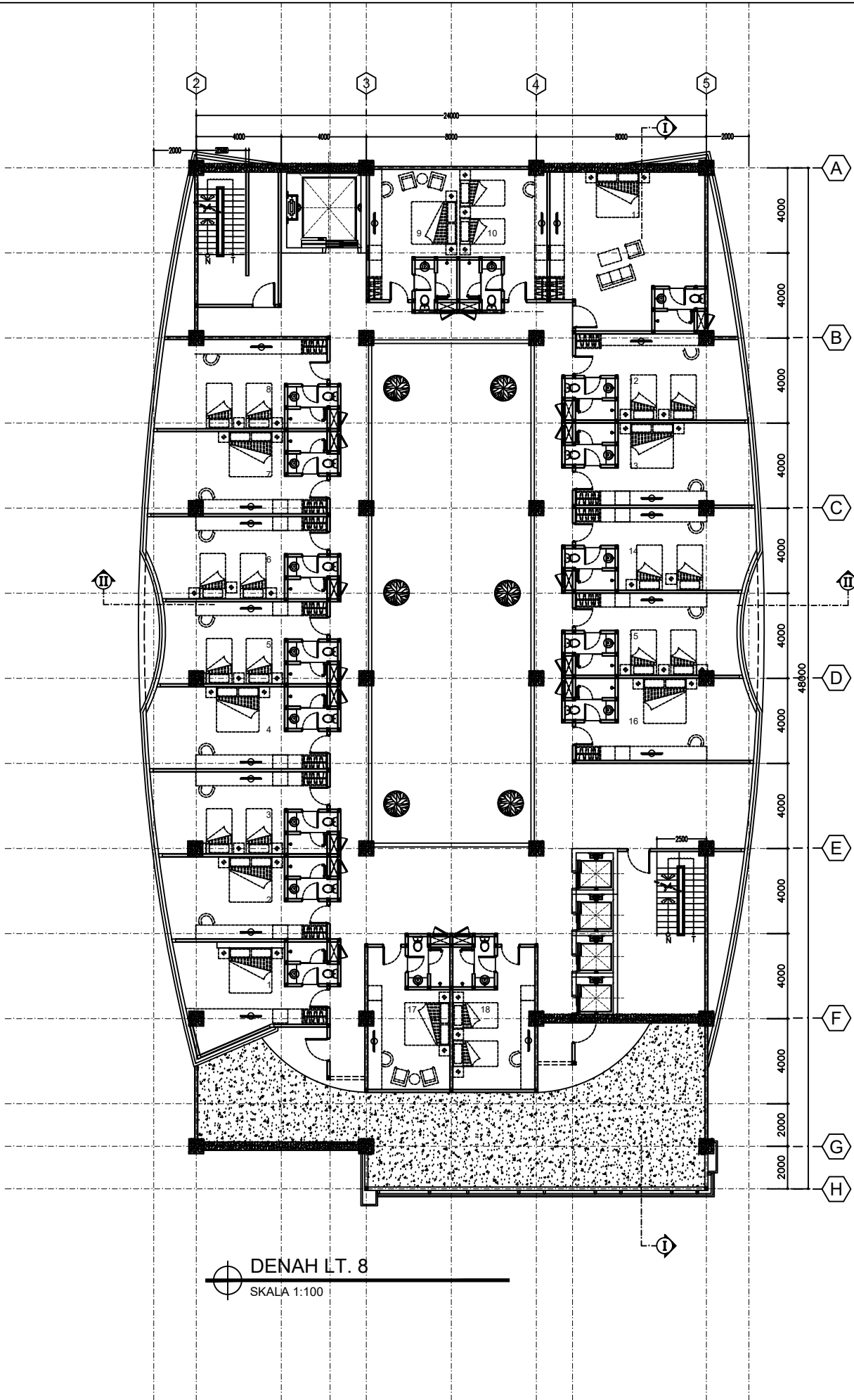
1:40

NO. LEMBAR

JML GAMBAR

06

39



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
HOTEL 12 LANTAI DI MALANG
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
KOLOM,BALOK,DAN PLAT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono,CES
NIP.195591130 198601 1001

NAMA MAHASISWA

Rizky Dwi Zhafira
NRP. 10111410000073

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Hotel
Kondisi Tanah : Tanah Keras
Mutu Beton : 35 Mpa
Mutu Baja : 400Mpa

NAMA GAMBAR

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

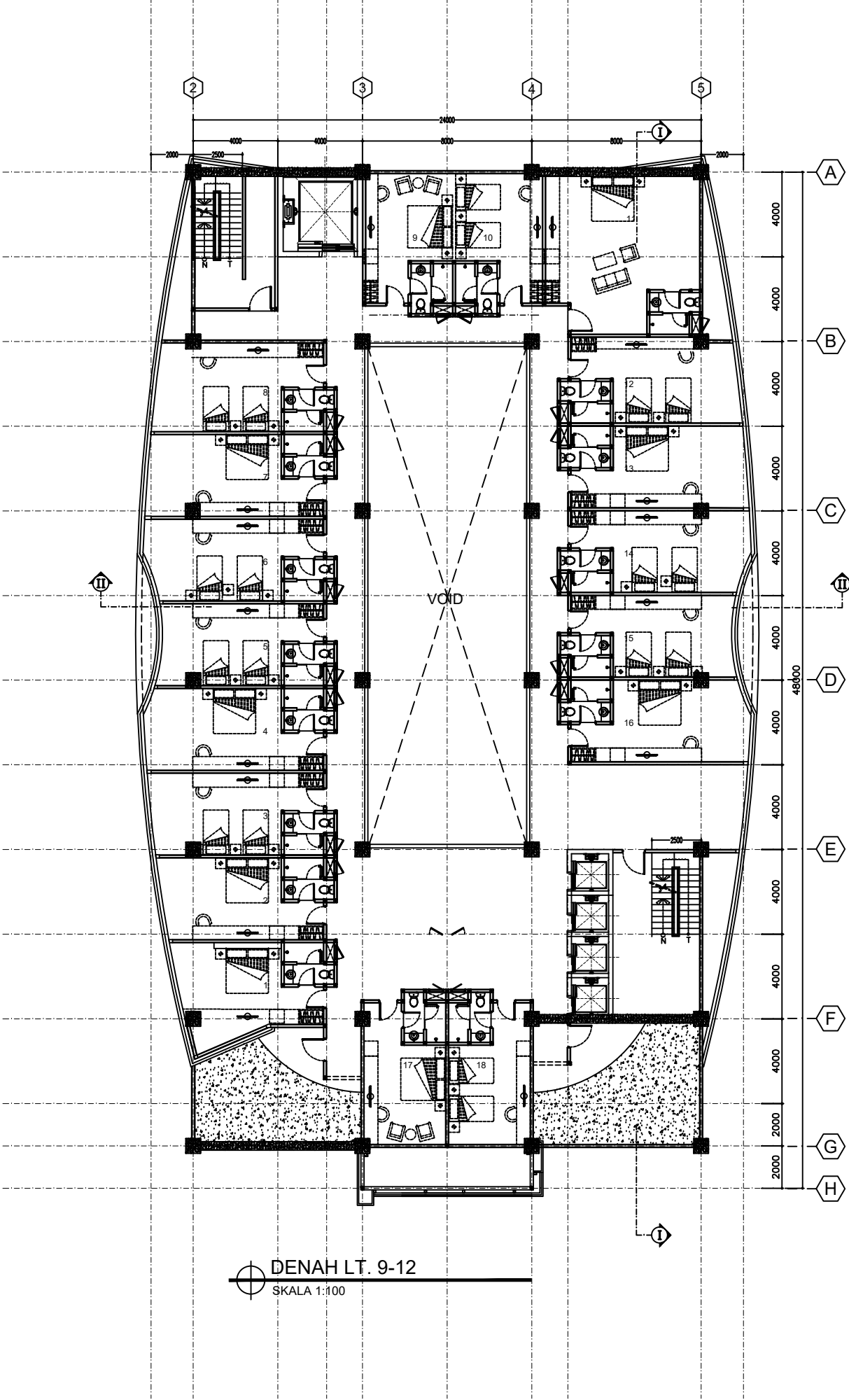
1:40

NO. LEMBAR

JML GAMBAR

07

39



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
HOTEL 12 LANTAI DI MALANG
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
KOLOM,BALOK,DAN PLAT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono,CES
NIP.195591130 198601 1001

NAMA MAHASISWA

Rizky Dwi Zhafira
NRP. 10111410000073

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Hotel
Kondisi Tanah : Tanah Keras
Mutu Beton : 35 Mpa
Mutu Baja : 400Mpa

NAMA GAMBAR

KODE GAMBAR

ARS

SKALA

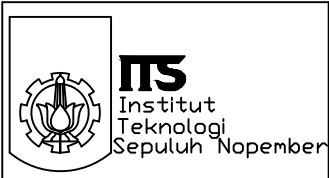
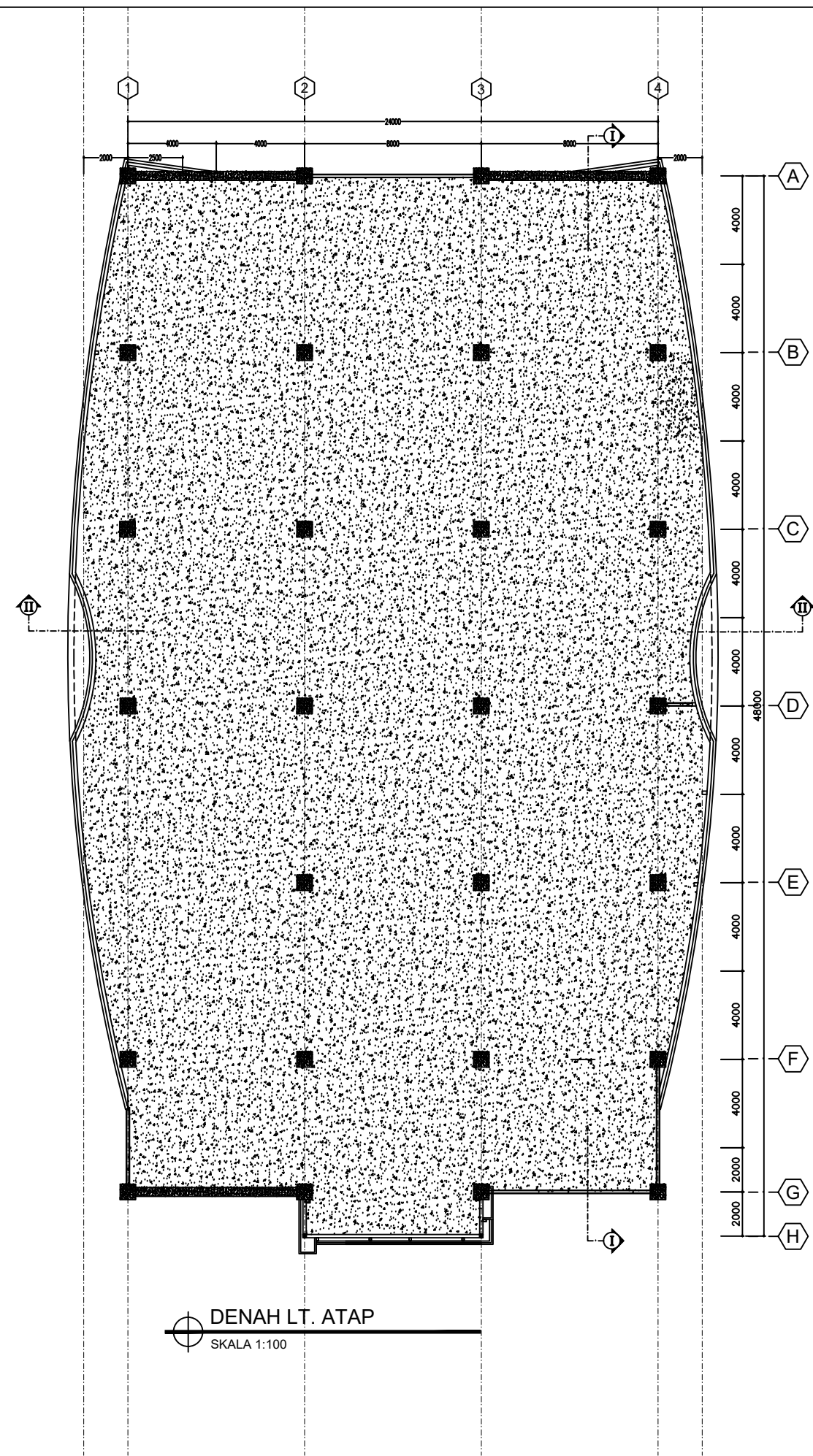
1:40

NO. LEMBAR

JML GAMBAR

08

39



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
HOTEL 12 LANTAI DI MALANG
MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
KOLOM,BALOK,DAN PLAT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono,CES
NIP.195591130 198601 1001

NAMA MAHASISWA

Rizky Dwi Zhafira
NRP. 10111410000073

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Hotel
Kondisi Tanah : Tanah Keras
Mutu Beton : 35 Mpa
Mutu Baja : 400Mpa

NAMA GAMBAR

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

1:40

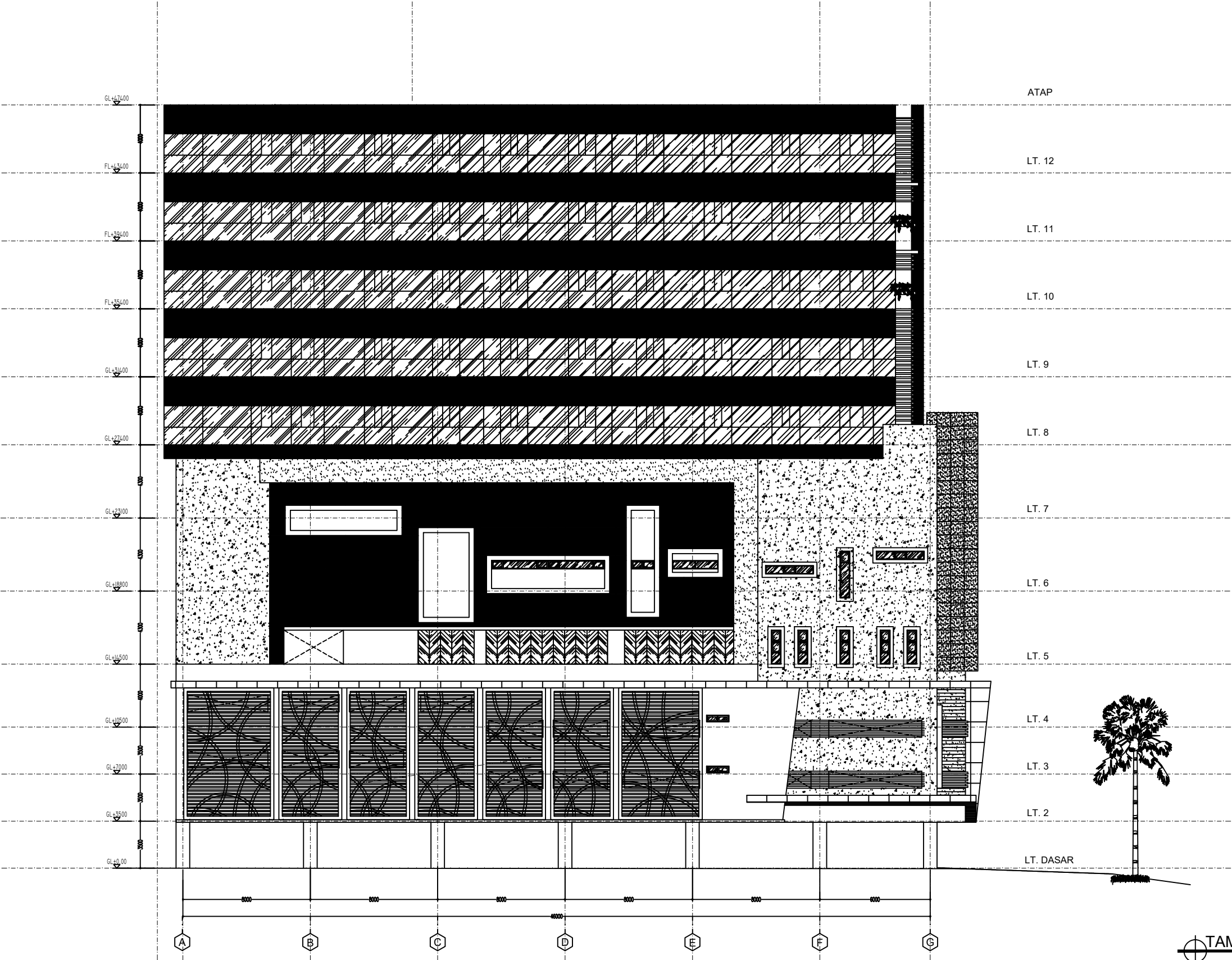
NO. LEMBAR

JML GAMBAR

09

39

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN



TAMPAK BARAT LAUT
SKALA 1:100



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
HOTEL 12 LANTAI DI MALANG
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
KOLOM,BALOK,DAN PLAT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono,CES
NIP.195591130 198601 1001

NAMA MAHASISWA

Rizky Dwi Zhafira
NRP. 10111410000073

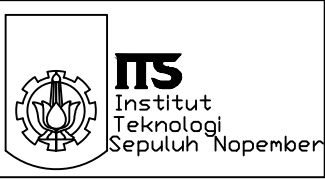
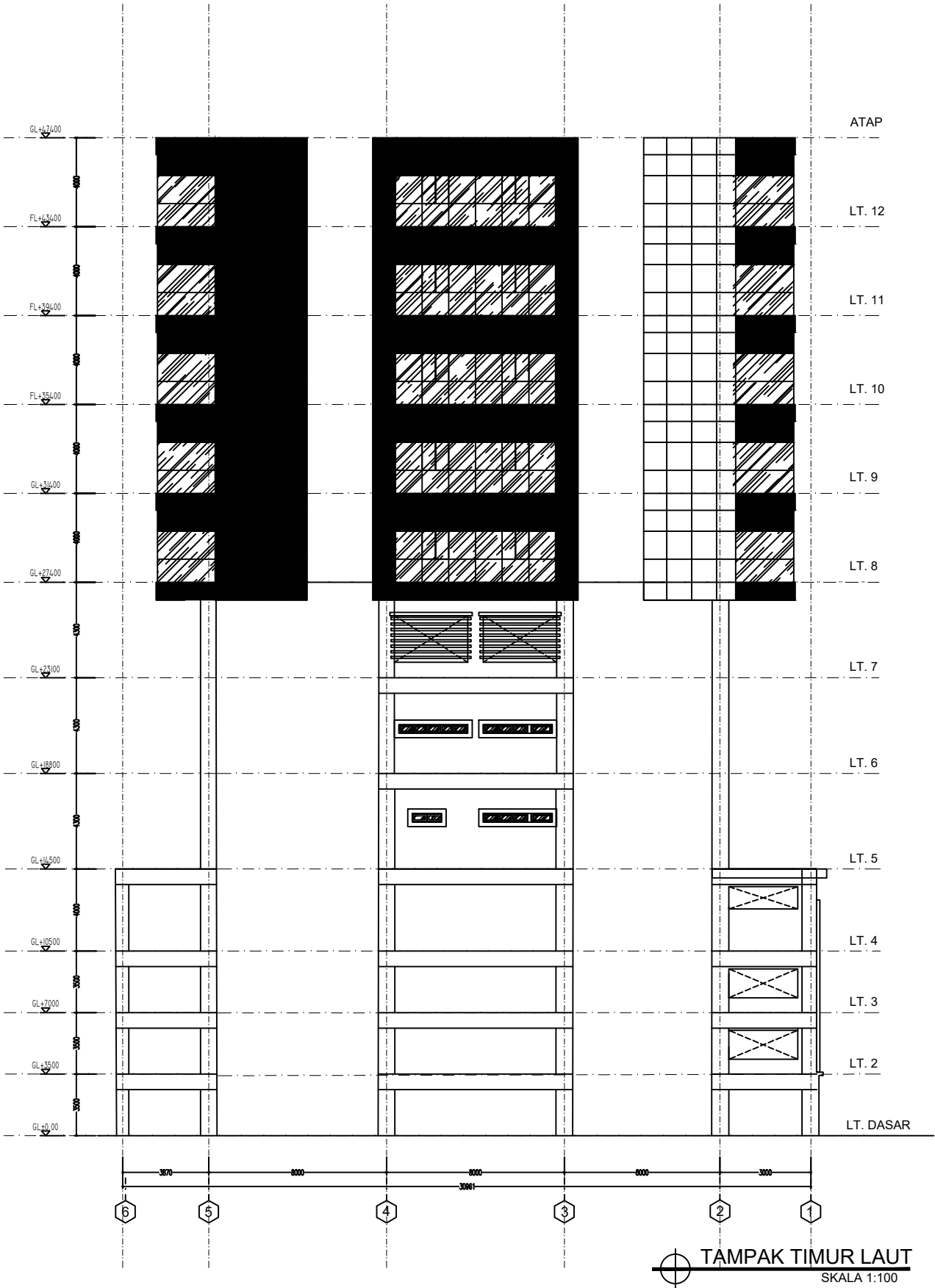
KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Hotel
Kondisi Tanah : Tanah Keras
Mutu Beton : 35 Mpa
Mutu Baja : 400Mpa

NAMA GAMBAR

KODE GAMBAR	SKALA
ARS	1:40
NO. LEMBAR	JML GAMBAR

11 39



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
HOTEL 12 LANTAI DI MALANG
MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
KOLOM,BALOK,DAN PLAT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono,CES
NIP.195591130 198601 1001

NAMA MAHASISWA

Rizky Dwi Zhafira
NRP. 10111410000073

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Hotel
Kondisi Tanah : Tanah Keras
Mutu Beton : 35 Mpa
Mutu Baja : 400Mpa

NAMA GAMBAR

KODE GAMBAR

ARS

SKALA

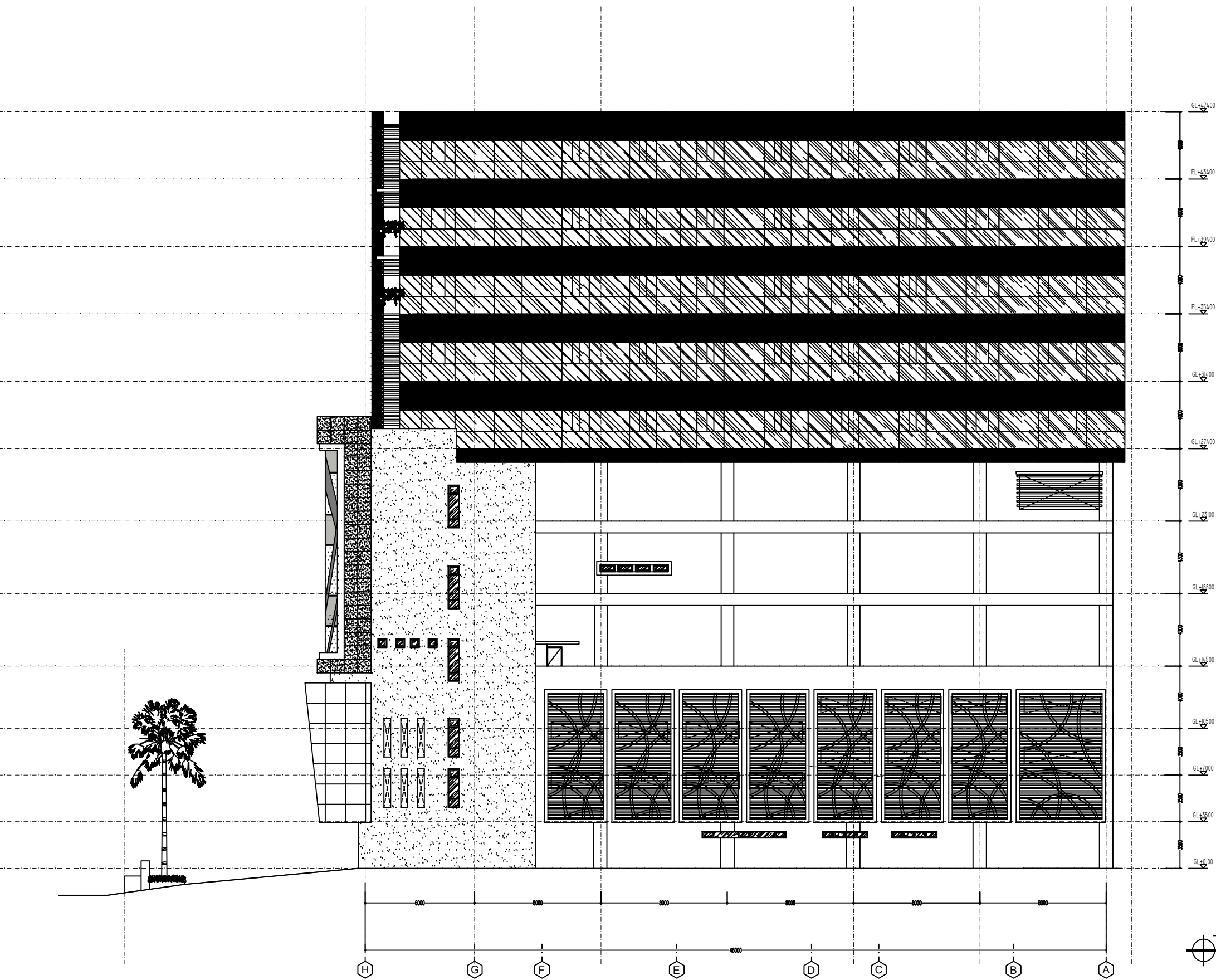
1:40

NO. LEMBAR

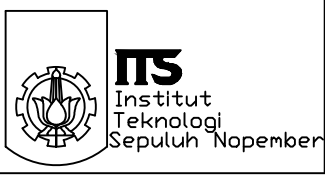
12

JML GAMBAR

39



TAMPAK TENGGARA
SKALA 1:100



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
HOTEL 12 LANTAI DI MALANG
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
KOLOM,BALOK,DAN PLAT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono,CES
NIP.195591130 198601 1001

NAMA MAHASISWA

Rizky Dwi Zhafira
NRP. 10111410000073

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Hotel
Kondisi Tanah : Tanah Keras
Mutu Beton : 35 Mpa
Mutu Baja : 400Mpa

NAMA GAMBAR

KODE GAMBAR

ARS

SKALA

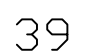
1:40

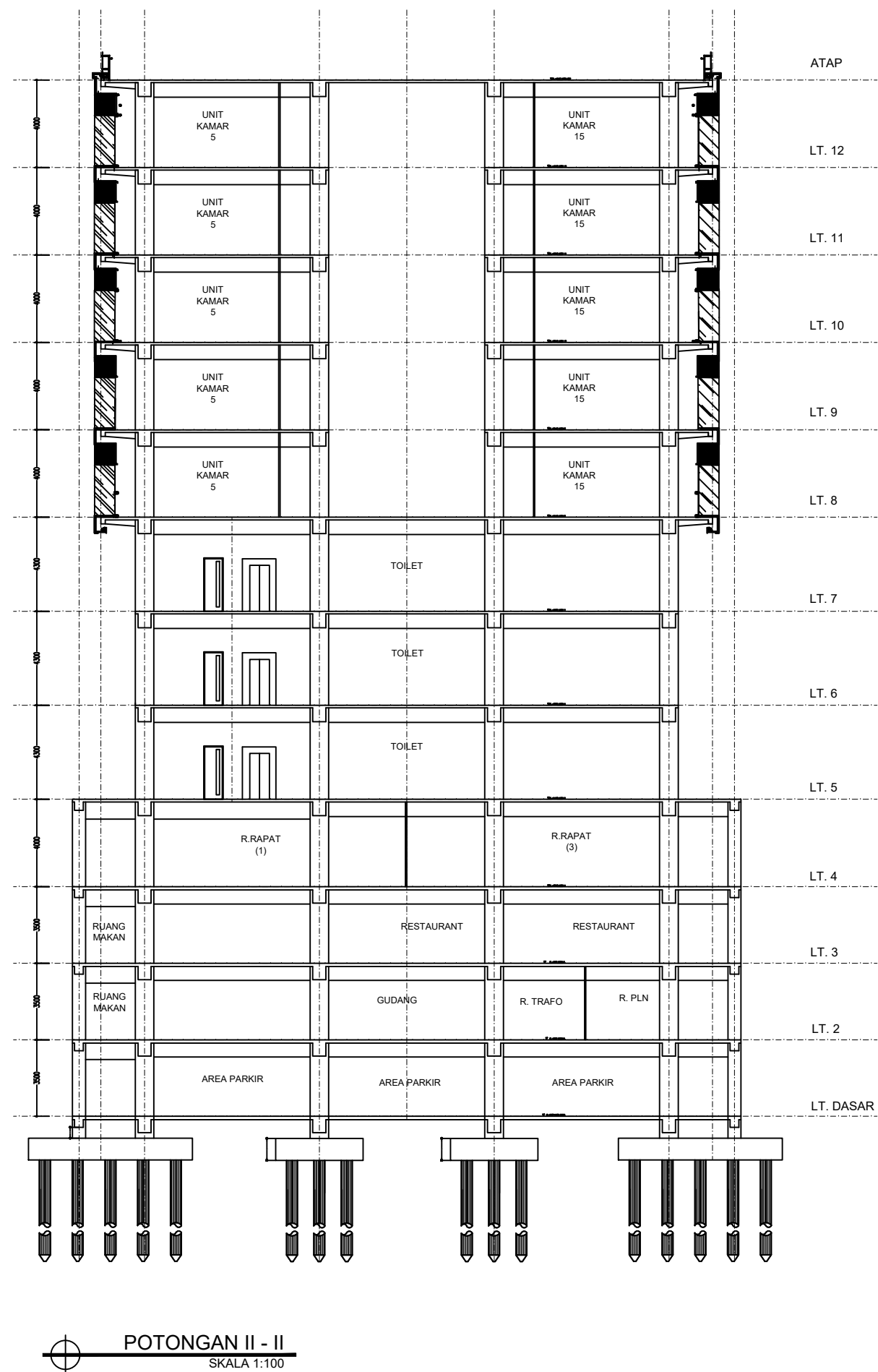
NO. LEMBAR

13

JML GAMBAR

39





POTONGAN II - II
SKALA 1:100



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
HOTEL 12 LANTAI DI MALANG
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
KOLOM,BALOK,DAN PLAT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono,CES
NIP.195591130 198601 1001

NAMA MAHASISWA

Rizky Dwi Zhafira
NRP. 10111410000073

KETERANGAN

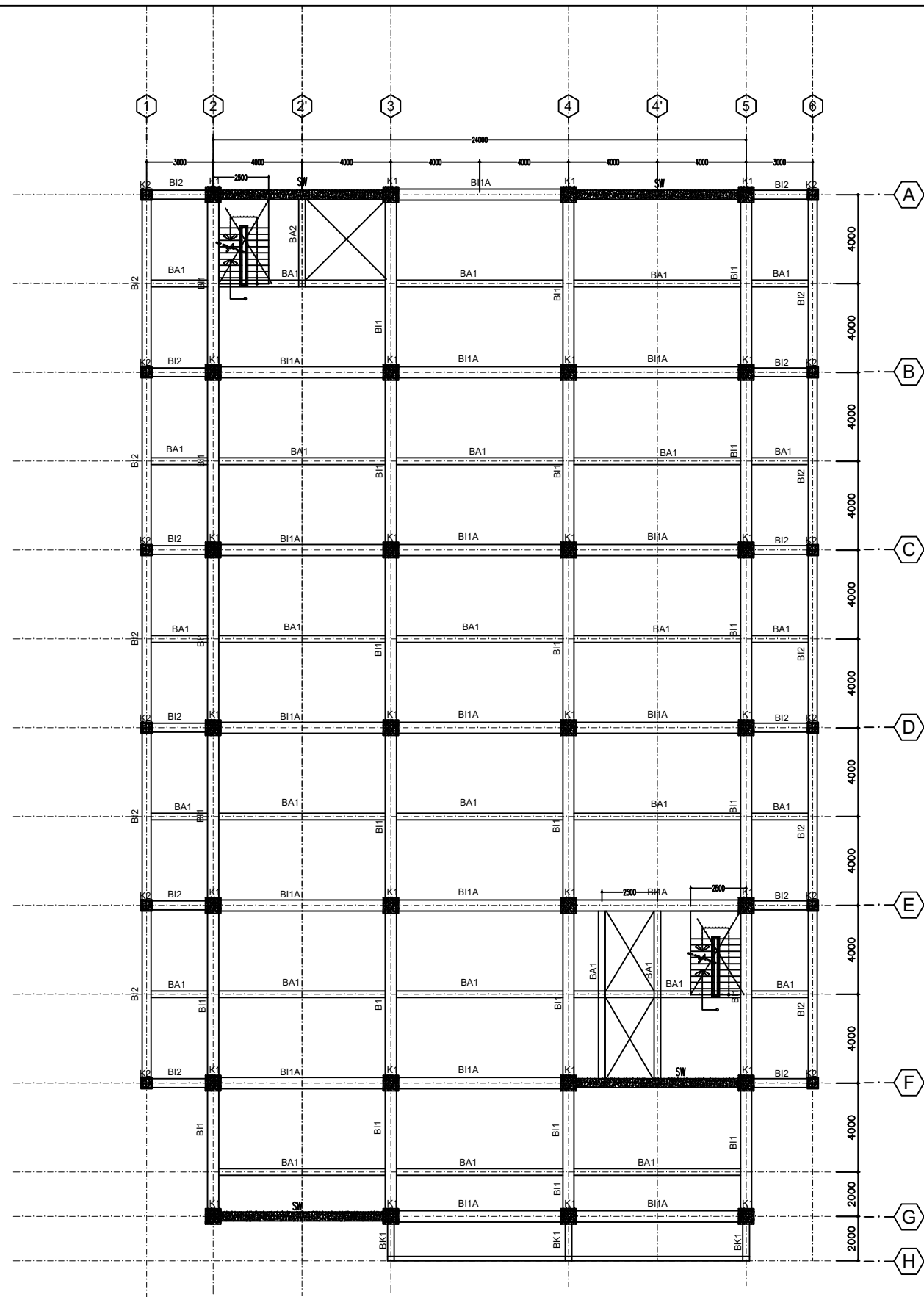
Fungsi Bangunan : Hotel
Kondisi Tanah : Tanah Keras
Mutu Beton : 35 Mpa
Mutu Baja : 400Mpa


NAMA GAMBAR

KODE GAMBAR	SKALA
ARS	1:40
NO. LEMBAR	JML GAMBAR

15

39



 DENAH BALOK KOLOM LT. DASAR, LT 2, LT 3, LT 4
SKALA 1:100



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
HOTEL 12 LANTAI DI MALANG
MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
KOLOM, BALOK, DAN PLAT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES
NIP.195591130 198601 1001

NAMA MAHASISWA

Rizky Dwi Zhafira
NRP. 10111410000073

KETERANGAN

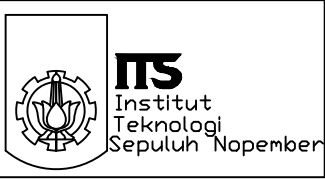
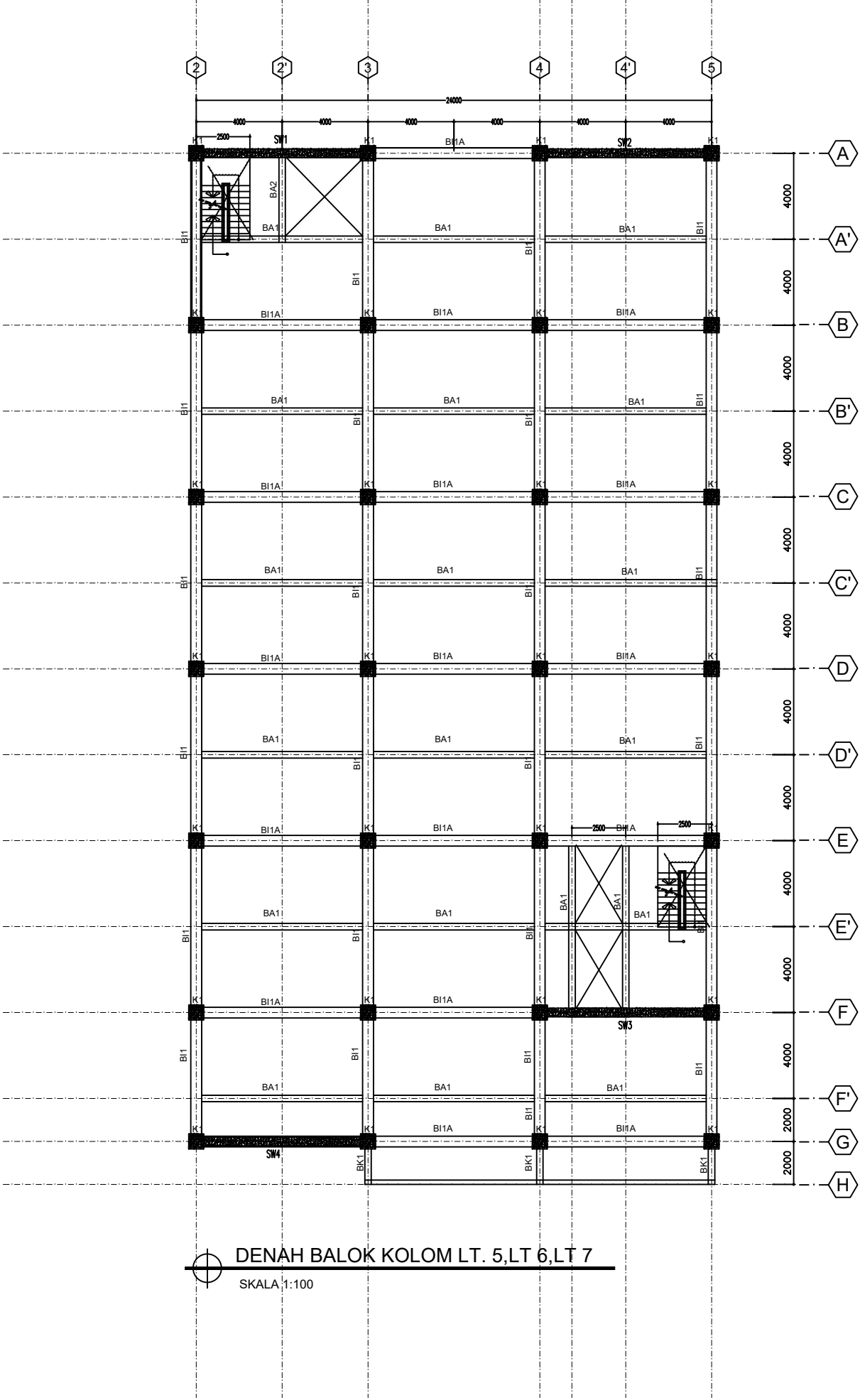
Fungsi Bangunan : Hotel
Kondisi Tanah : Tanah Keras
Mutu Beton : 35 Mpa
Mutu Baja : 400Mpa

NAMA GAMBAR

KODE GAMBAR	SKALA
STR	1:40
NO. LEMBAR	JML GAMBAR

16

39



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
HOTEL 12 LANTAI DI MALANG
MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
KOLOM,BALOK,DAN PLAT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono,CES
NIP.195591130 198601 1001

NAMA MAHASISWA

Rizky Dwi Zhafira
NRP. 10111410000073

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Hotel
Kondisi Tanah : Tanah Keras
Mutu Beton : 35 Mpa
Mutu Baja : 400Mpa

NAMA GAMBAR

KODE GAMBAR

SKALA

STR

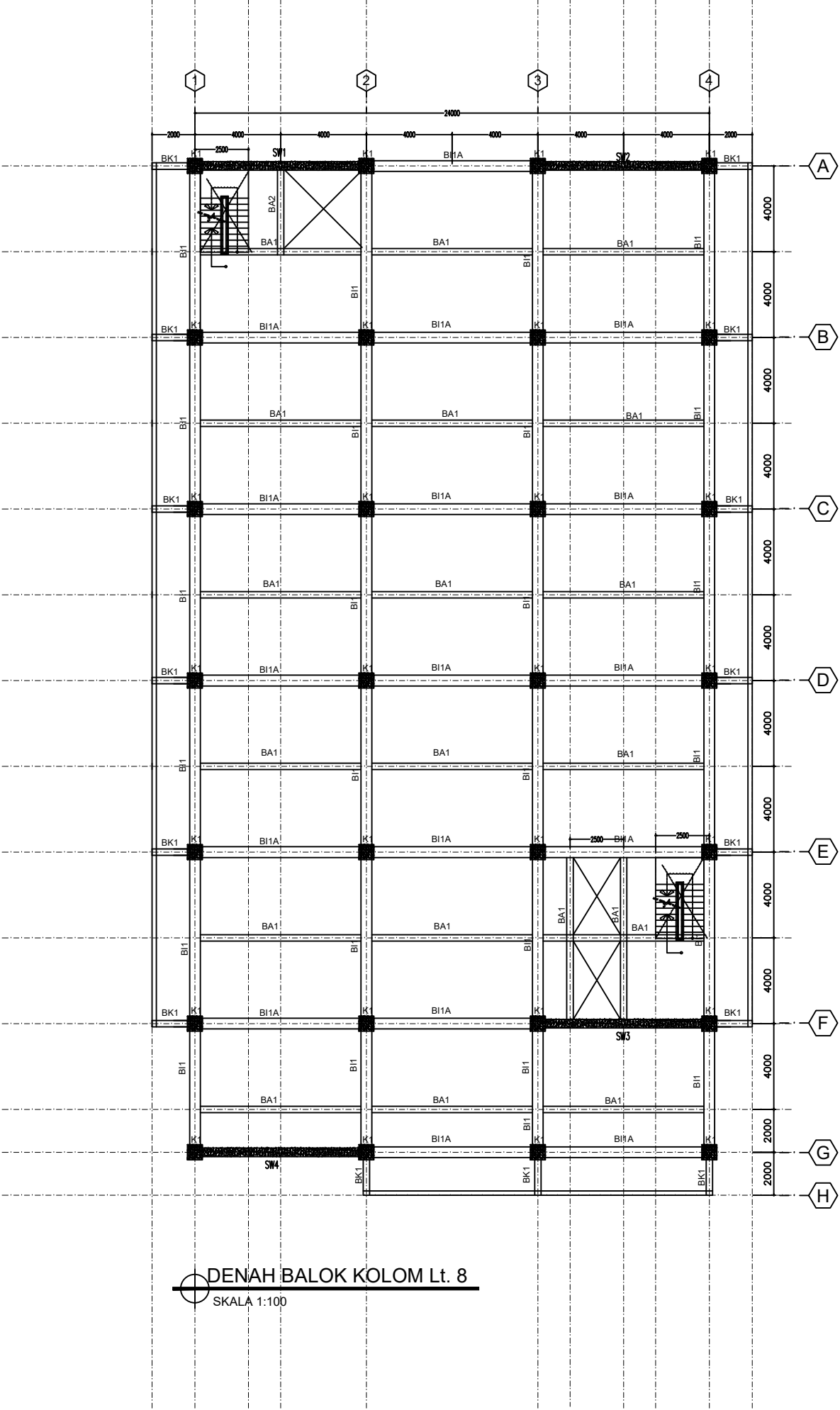
1:40

NO. LEMBAR

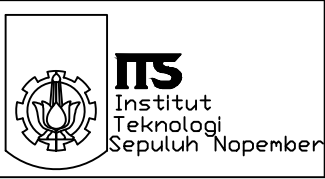
JML GAMBAR

17

39



DENAH BALOK KOLOM Lt. 8
SKALA 1:100



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
HOTEL 12 LANTAI DI MALANG
MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
KOLOM,BALOK,DAN PLAT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono,CES
NIP.195591130 198601 1001

NAMA MAHASISWA

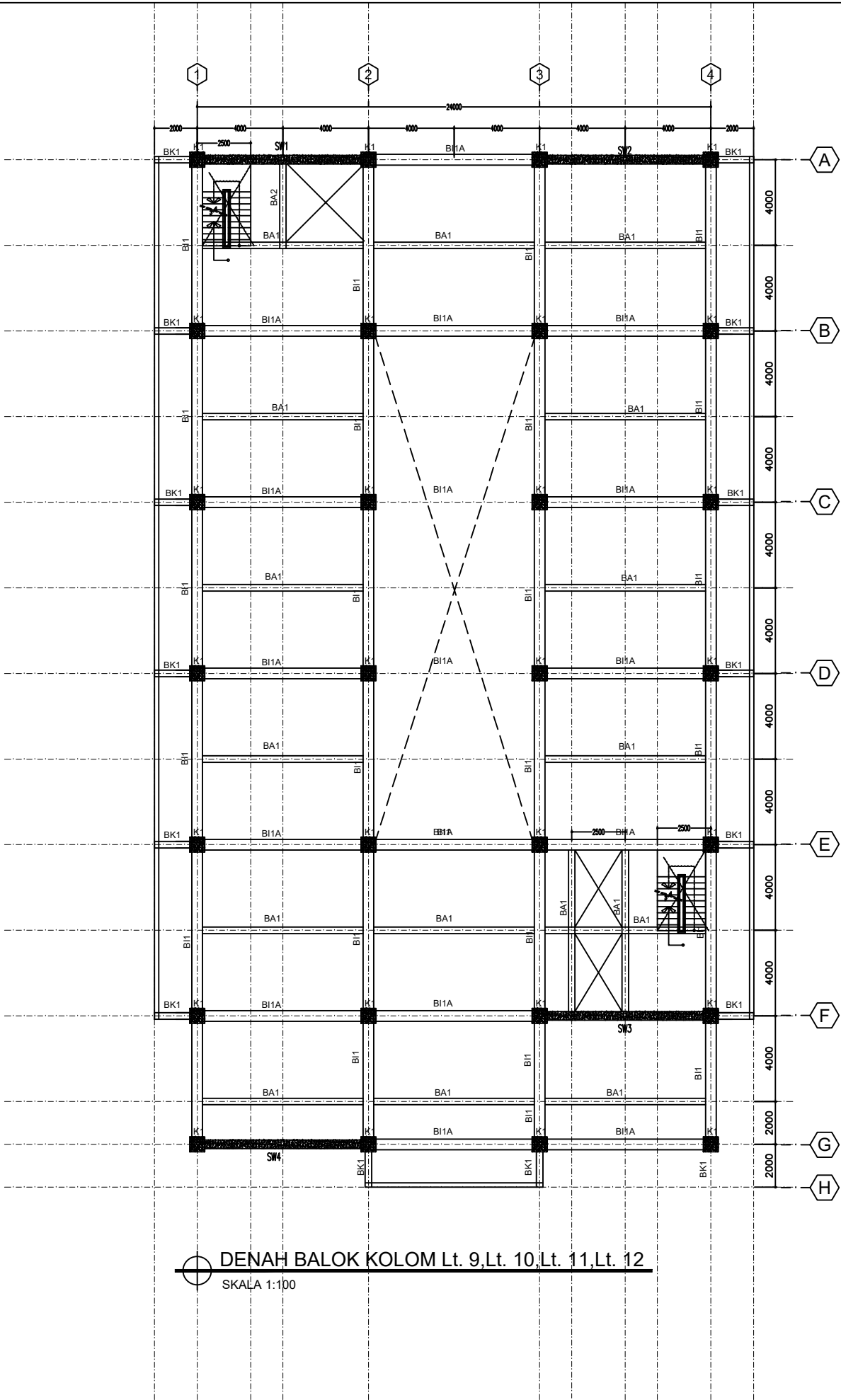
Rizky Dwi Zhafira
NRP. 10111410000073

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Hotel
Kondisi Tanah : Tanah Keras
Mutu Beton : 35 Mpa
Mutu Baja : 400Mpa

NAMA GAMBAR

KODE GAMBAR	SKALA
STR	1:40
NO. LEMBAR	JML GAMBAR
18	39



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
HOTEL 12 LANTAI DI MALANG
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
KOLOM,BALOK,DAN PLAT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono,CES
NIP.195591130 198601 1001

NAMA MAHASISWA

Rizky Dwi Zhafira
NRP. 10111410000073

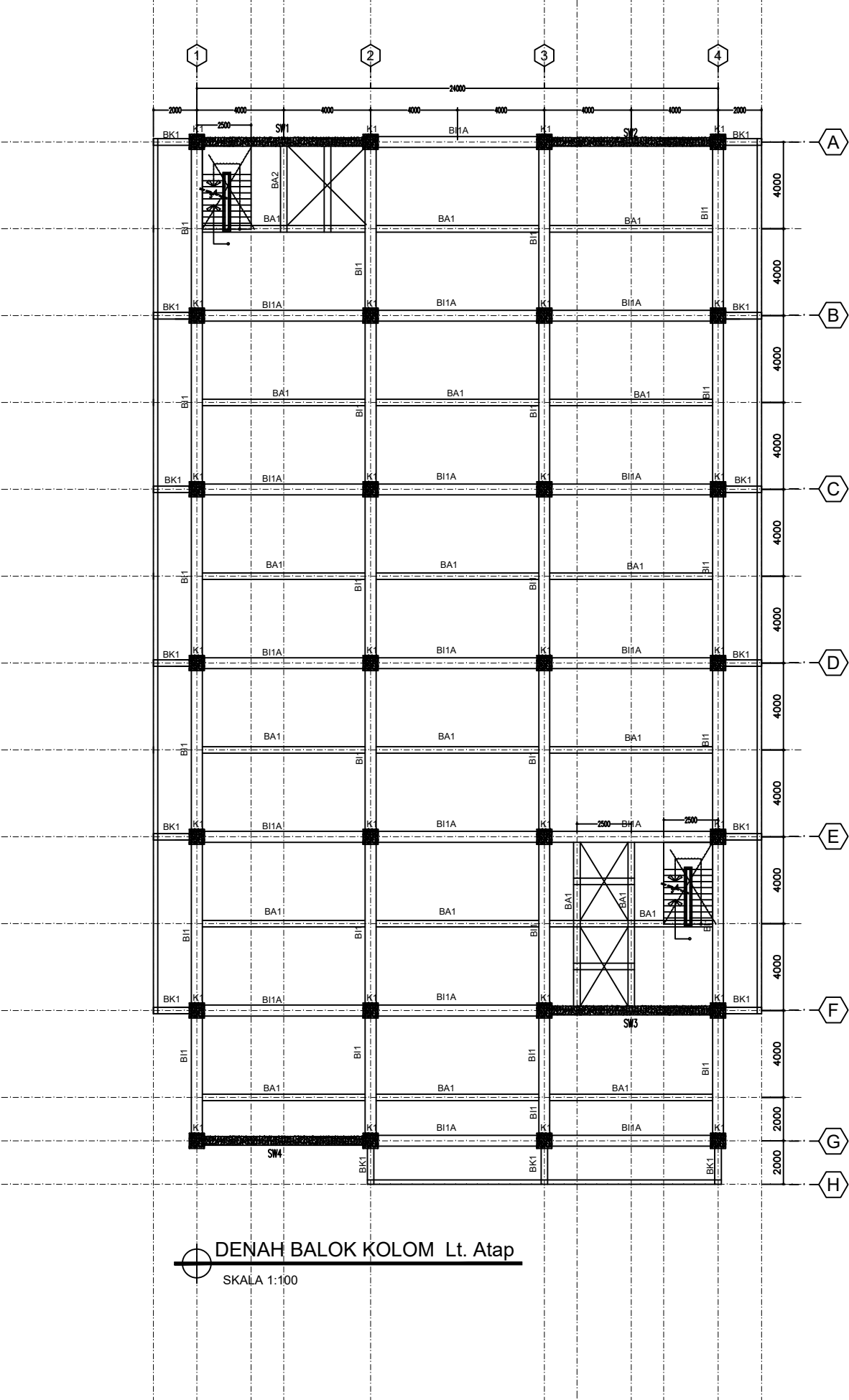
KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Hotel
Kondisi Tanah : Tanah Keras
Mutu Beton : 35 Mpa
Mutu Baja : 400Mpa

NAMA GAMBAR

KODE GAMBAR	SKALA
STR	1:40
ND. LEMBAR	JML GAMBAR

19 39



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
HOTEL 12 LANTAI DI MALANG
MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
KOLOM,BALOK,DAN PLAT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono,CES
NIP.195591130 198601 1001

NAMA MAHASISWA

Rizky Dwi Zhafira
NRP. 10111410000073

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Hotel
Kondisi Tanah : Tanah Keras
Mutu Beton : 35 Mpa
Mutu Baja : 400Mpa

NAMA GAMBAR

KODE GAMBAR

SKALA

STR

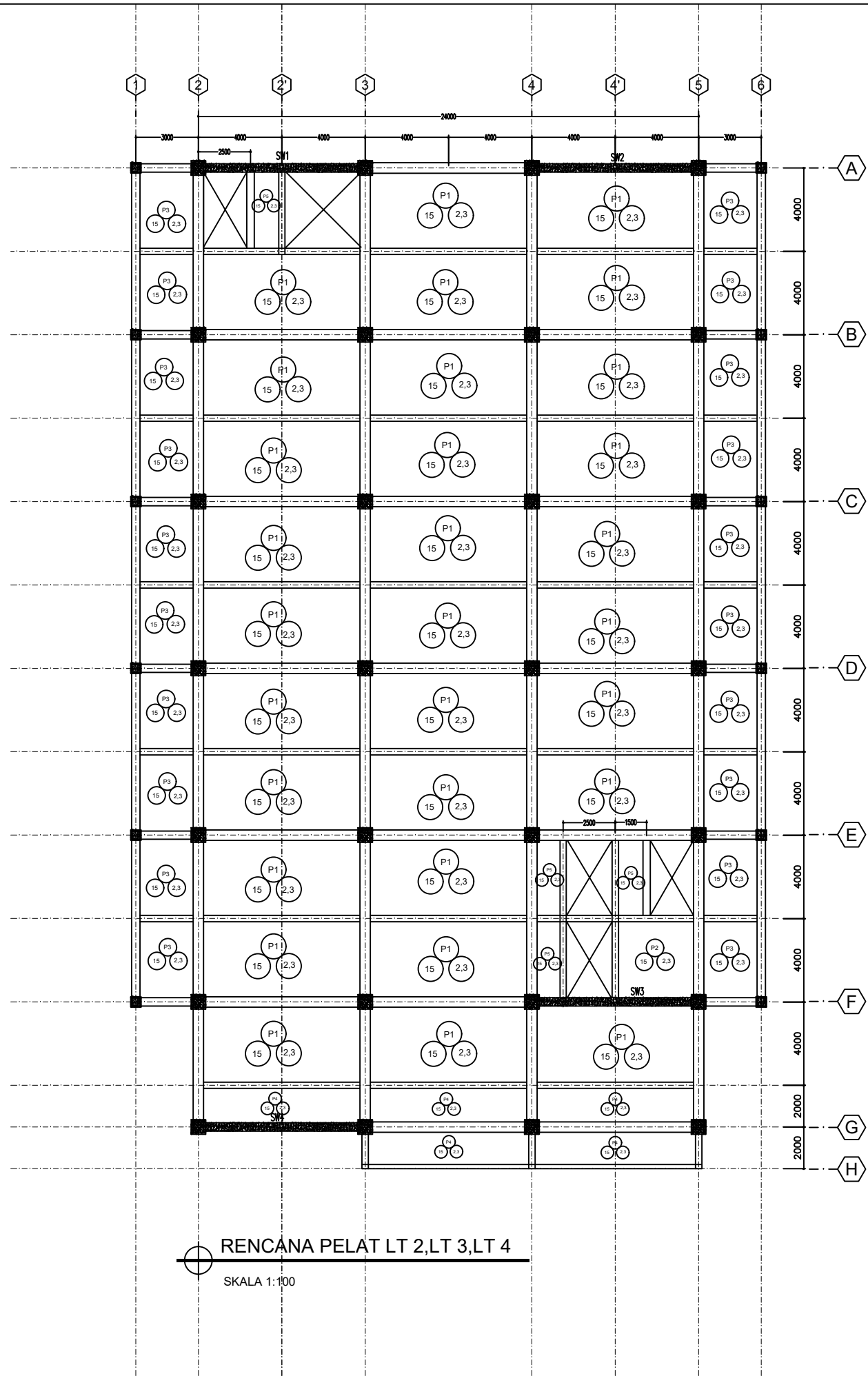
1:40

NO. LEMBAR

JML GAMBAR

20

39



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
HOTEL 12 LANTAI DI MALANG
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
KOLOM,BALOK,DAN PLAT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono,CES
NIP.195591130 198601 1001

NAMA MAHASISWA

Rizky Dwi Zhafira
NRP. 10111410000073

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Hotel
Kondisi Tanah : Tanah Keras
Mutu Beton : 35 Mpa
Mutu Baja : 400Mpa

NAMA GAMBAR

KODE GAMBAR

SKALA

STR

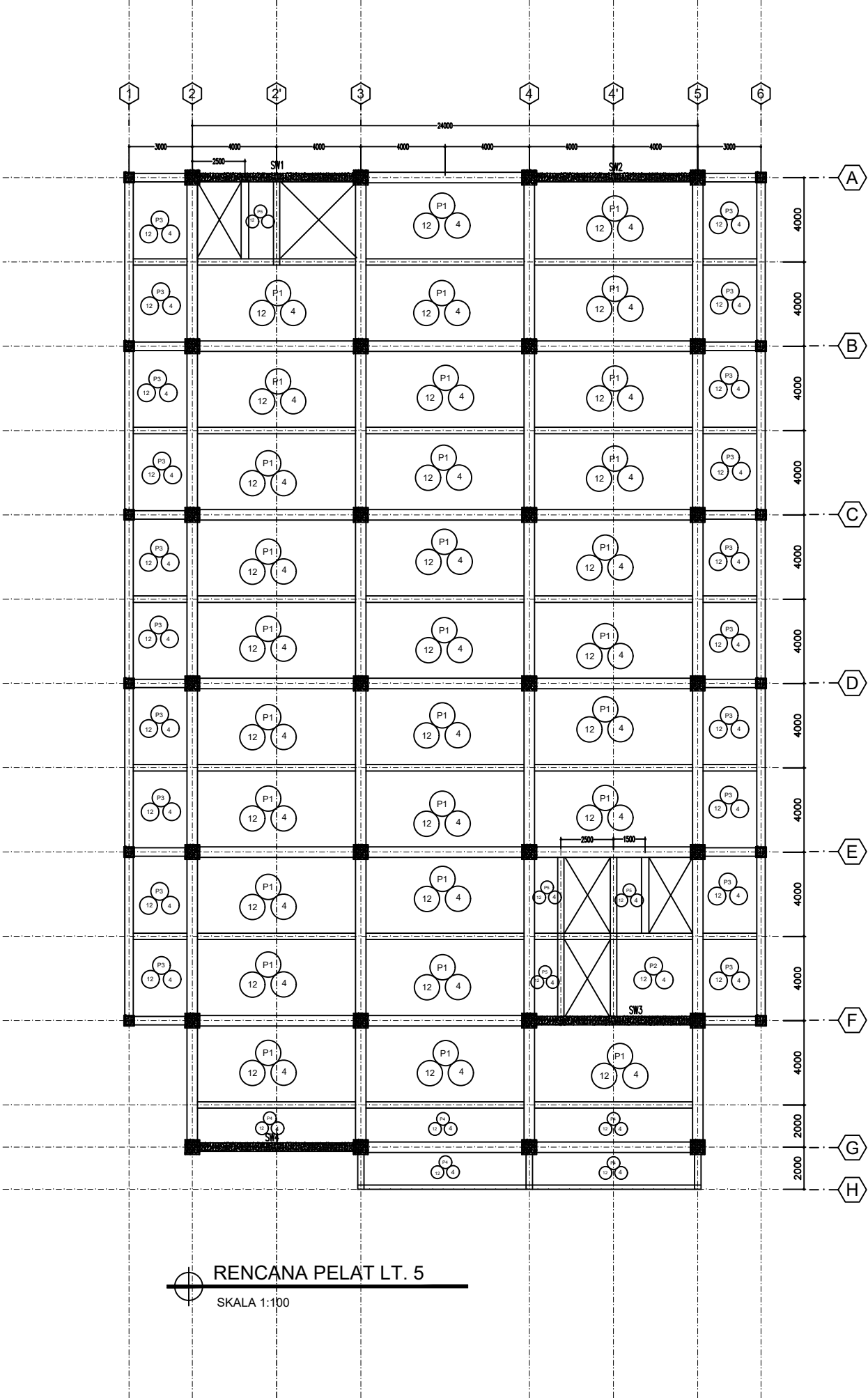
1:40

NO. LEMBAR

JML GAMBAR

21

39



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
HOTEL 12 LANTAI DI MALANG
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
KOLOM,BALOK,DAN PLAT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono,CES
NIP.195591130 198601 1001

NAMA MAHASISWA

Rizky Dwi Zhafira
NRP. 10111410000073

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Hotel
Kondisi Tanah : Tanah Keras
Mutu Beton : 35 Mpa
Mutu Baja : 400Mpa

NAMA GAMBAR

KODE GAMBAR

SKALA

STR

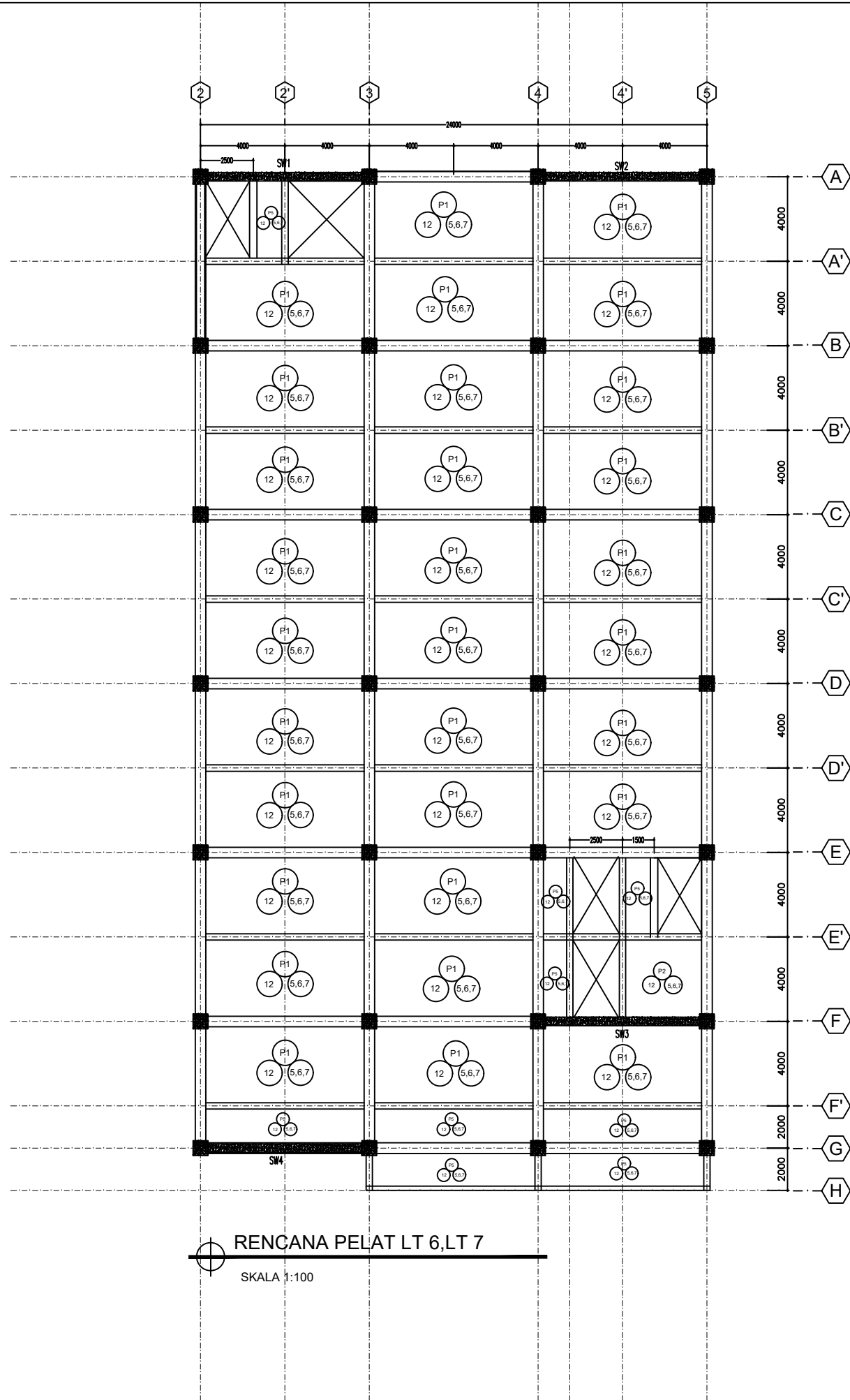
1:40

NO. LEMBAR

JML GAMBAR

22

39



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
HOTEL 12 LANTAI DI MALANG
MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
KOLOM,BALOK,DAN PLAT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono,CES
NIP.195591130 198601 1001

NAMA MAHASISWA

Rizky Dwi Zhafira
NRP. 10111410000073

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Hotel
Kondisi Tanah : Tanah Keras
Mutu Beton : 35 Mpa
Mutu Baja : 400Mpa

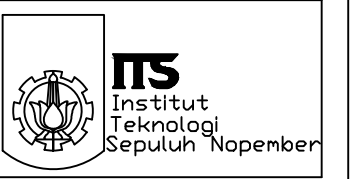
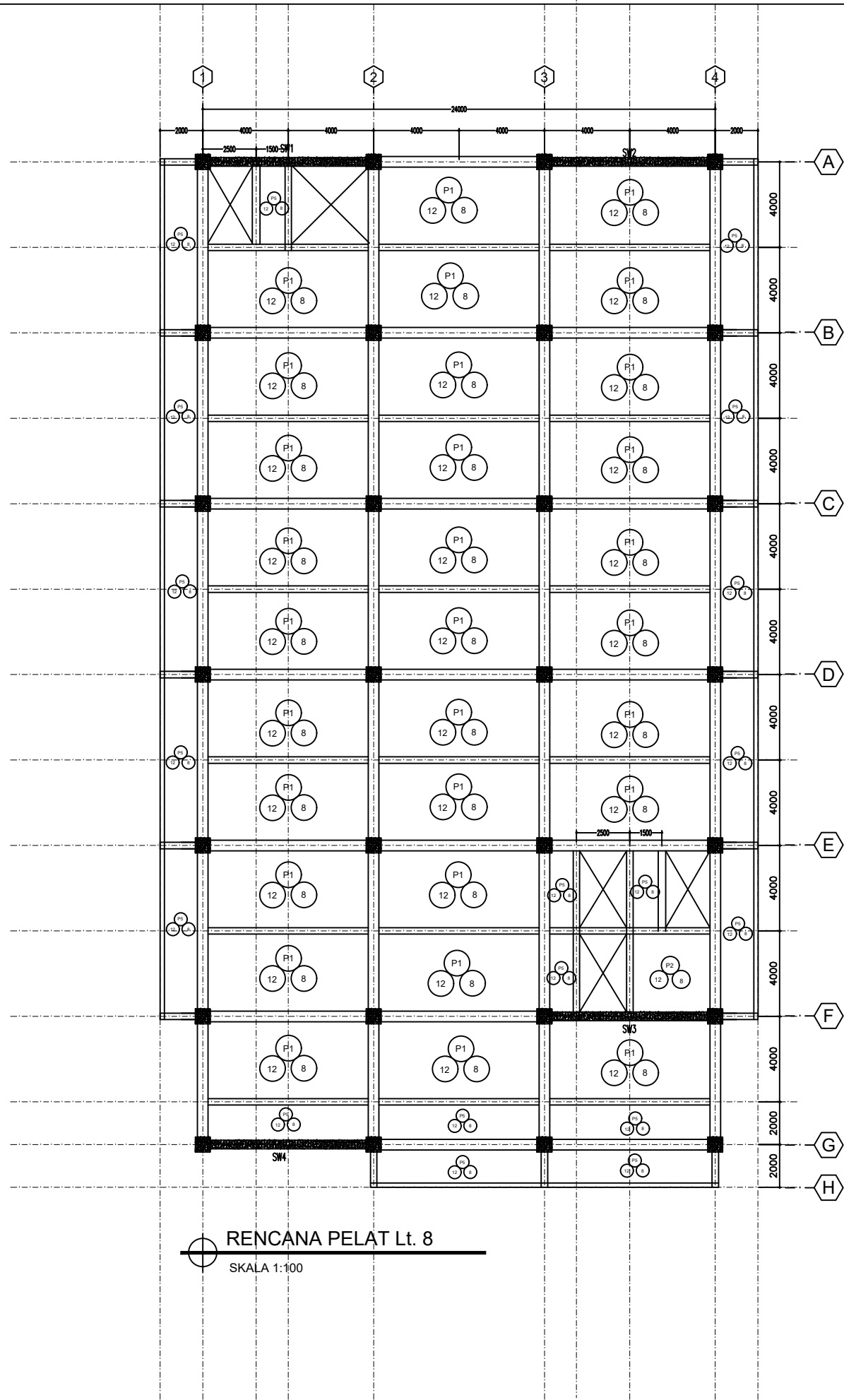
NAMA GAMBAR

KODE GAMBAR SKALA

STR 1:40

NO. LEMBAR JML GAMBAR

23 39



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
HOTEL 12 LANTAI DI MALANG
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
KOLOM,BALOK,DAN PLAT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono,CES
NIP.195591130 198601 1001

NAMA MAHASISWA

Rizky Dwi Zhafira
NRP. 10111410000073

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Hotel
Kondisi Tanah : Tanah Keras
Mutu Beton : 35 Mpa
Mutu Baja : 400Mpa

NAMA GAMBAR

KODE GAMBAR

SKALA

STR

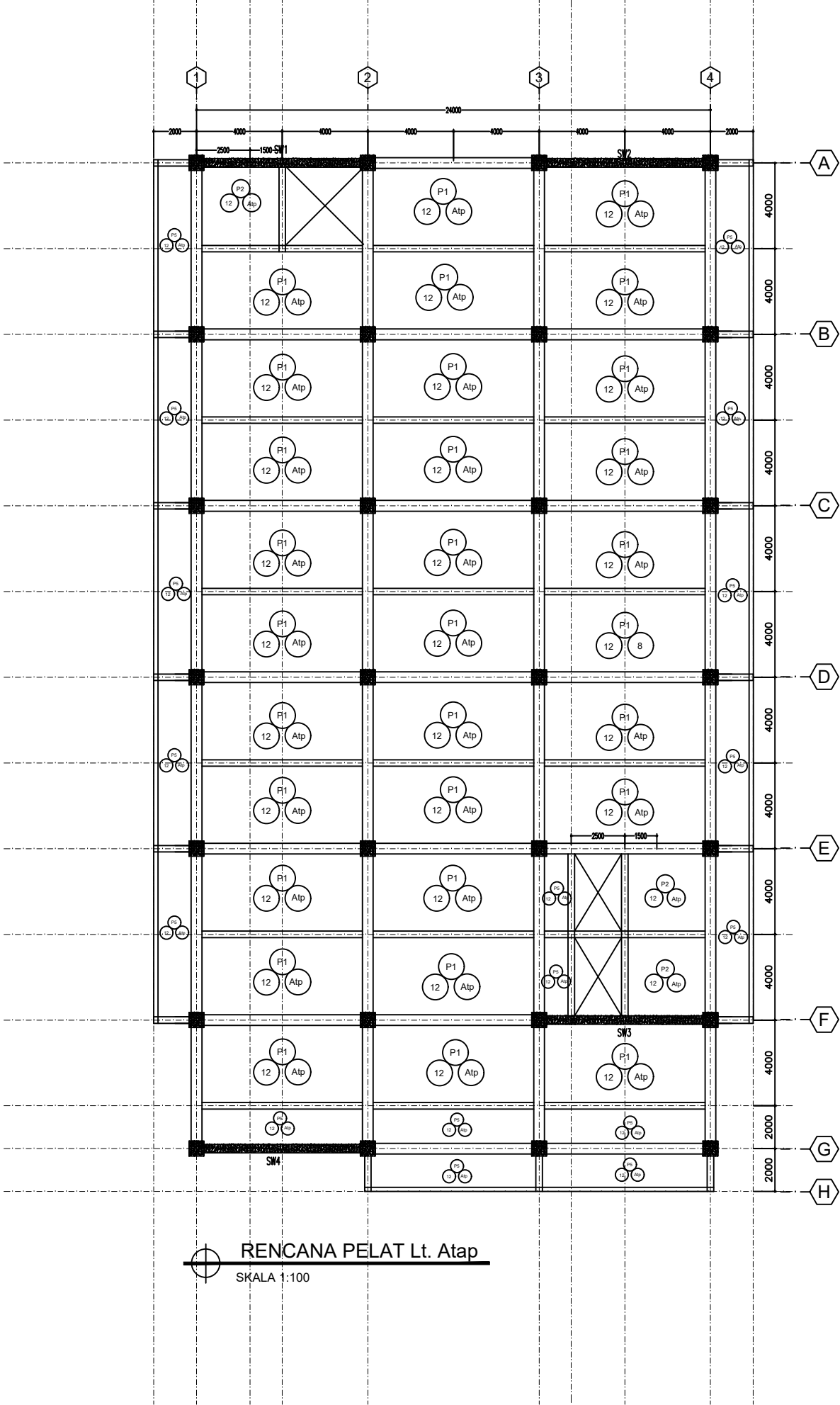
1:40

NO. LEMBAR

JML GAMBAR

24

39



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
HOTEL 12 LANTAI DI MALANG
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
KOLOM,BALOK,DAN PLAT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono,CES
NIP.195591130 198601 1001

NAMA MAHASISWA

Rizky Dwi Zhafira
NRP. 10111410000073

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Hotel
Kondisi Tanah : Tanah Keras
Mutu Beton : 35 Mpa
Mutu Baja : 400Mpa

NAMA GAMBAR

KODE GAMBAR

STR

NO. LEMBAR

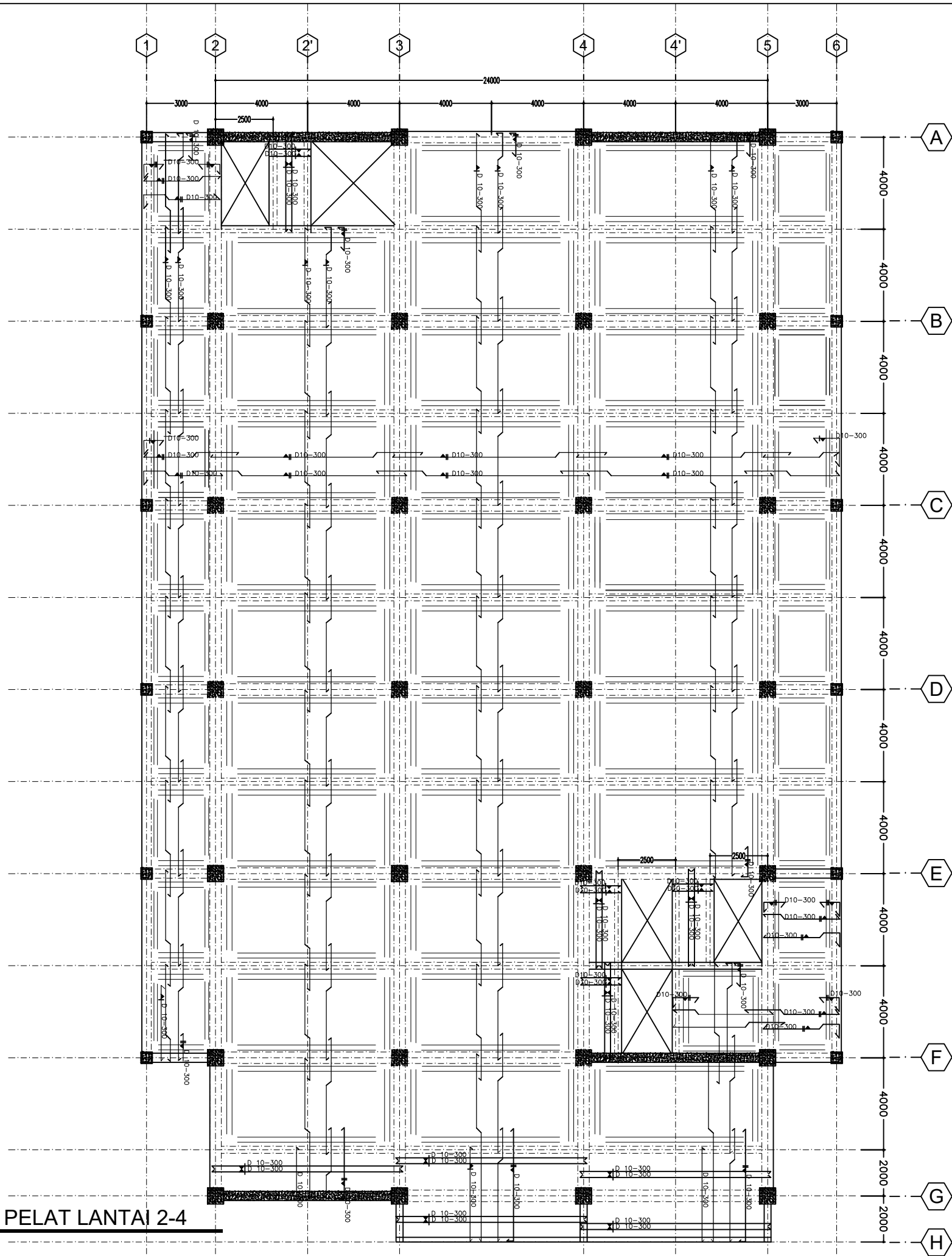
26

SKALA

1:40

JML GAMBAR

39



CATATAN ;
 - - - - -> =TULANGAN DIPASANG LAPIS PERTAMA ATAS
 - - - - -< =TULANGAN DIPASANG LAPIS PERTAMA BAWAH
 - - - - -> =TULANGAN DIPASANG LAPIS KE DUA BAWAH
 - - - - -< =TULANGAN DIPASANG LAPIS KE DUA ATAS
 ——— =TULANGAN PEMBAGI Ø8-200 ATAS DAN BAWAH



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
 HOTEL 12 LANTAI DI MALANG
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN
 KOLOM,BALOK,DAN PLAT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono,CES
 NIP.195591130 198601 1001

NAMA MAHASISWA

Rizky Dwi Zhafira
 NRP. 10111410000073

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Hotel
 Kondisi Tanah : Tanah
 Keras
 Mutu Beton : 35
 Mpa
 Mutu Baja :
 400Mpa

NAMA GAMBAR

Penulangan Pelat Lantai

KODE GAMBAR

SKALA

STR

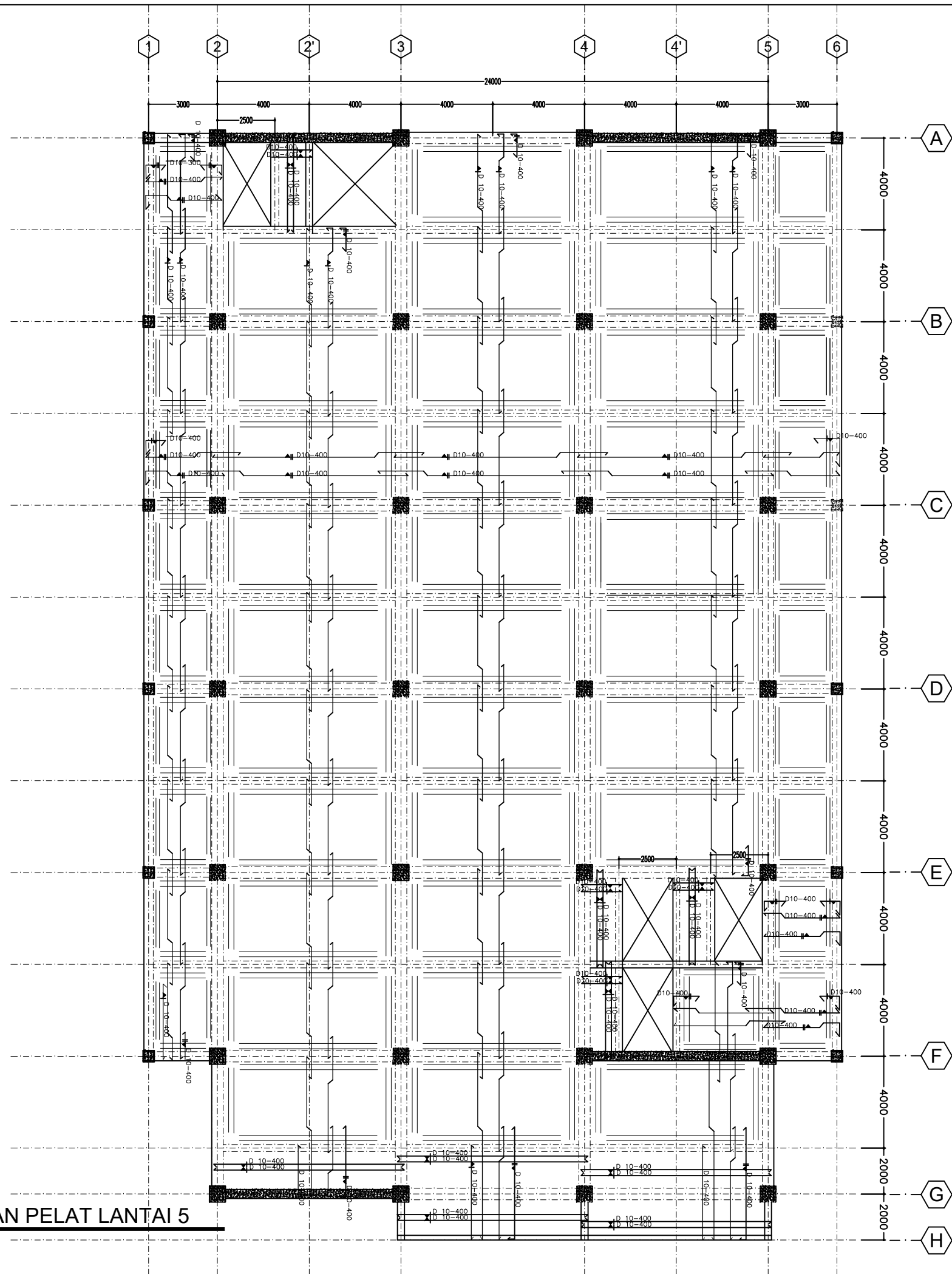
1:50

NO. LEMBAR

JML GAMBAR

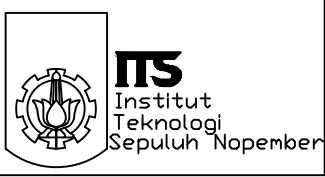
27

39



PENULANGAN PELAT LANTAI 5

SKALA 1:100



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
HOTEL 12 LANTAI DI MALANG
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN
PEKERJAAN
KOLOM,BALOK,DAN PLAT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono,CES
NIP.195591130 198601 1001

NAMA MAHASISWA

Rizky Dwi Zhafira
NRP. 10111410000073

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Hotel
Kondisi Tanah : Tanah
Keras
Mutu Beton : 35
Mpa
Mutu Baja :
400Mpa

NAMA GAMBAR

Penulangan Pelat Lantai

KODE GAMBAR

SKALA

STR

1:50

NO. LEMBAR

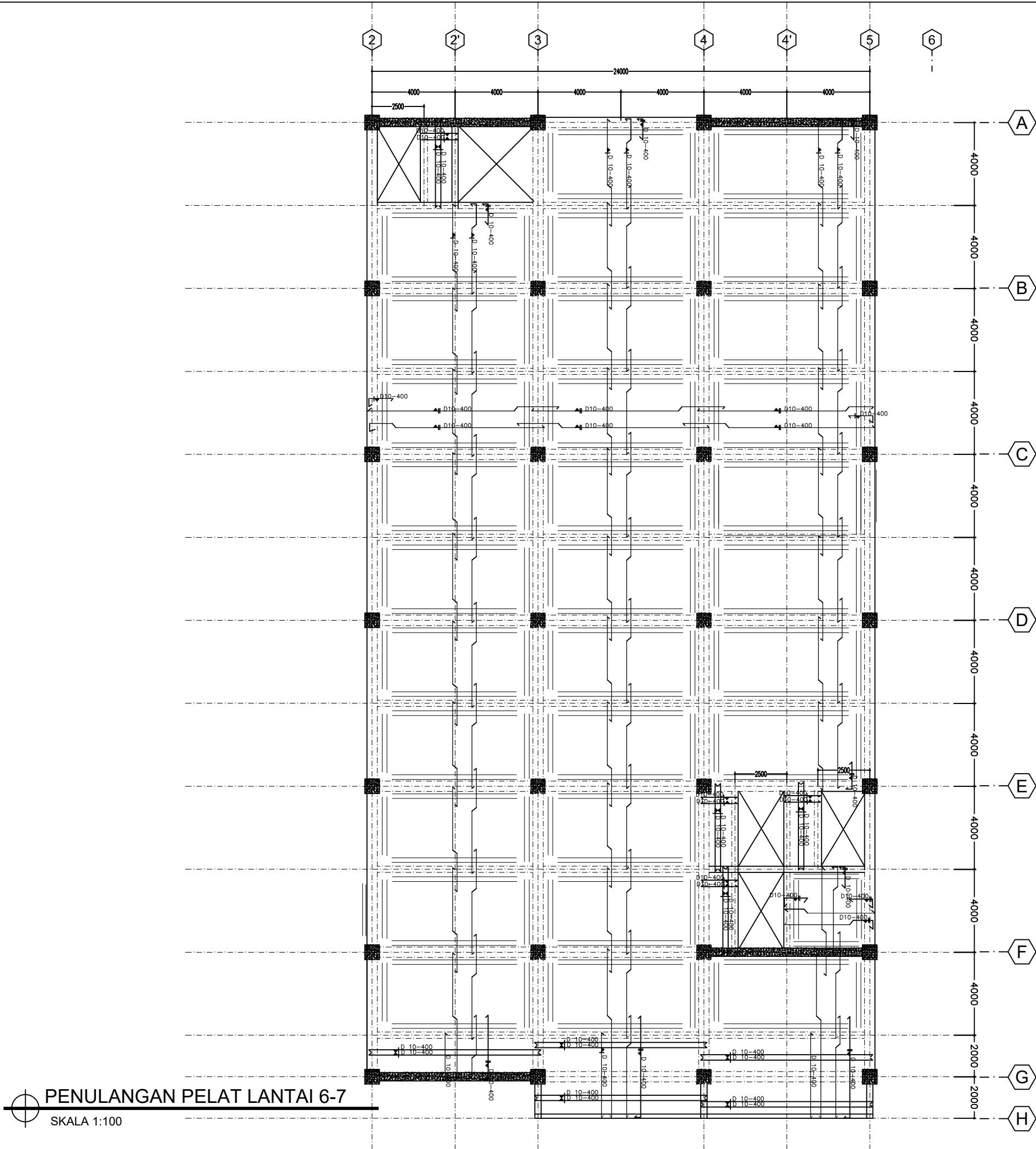
JML GAMBAR

28

39

CATATAN :

- =TULANGAN DIPASANG LAPIS PERTAMA ATAS
- =TULANGAN DIPASANG LAPIS PERTAMA BAWAH
- =TULANGAN DIPASANG LAPIS KE DUA BAWAH
- =TULANGAN DIPASANG LAPIS KE DUA ATAS
- =TULANGAN PEMBAGI Ø8-200 ATAS DAN BAWAH



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
HOTEL 12 LANTAI DI MALANG
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN
PEKERJAAN
KOLOM,BALOK,DAN PLAT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono,CES
NIP.195591130 198601 1001

NAMA MAHASISWA

Rizky Dwi Zhafira
NRP. 10111410000073

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Hotel
Kondisi Tanah : Tanah
Keras
Mutu Beton : 35
Mpa
Mutu Baja :
400Mpa

NAMA GAMBAR

Penulangan Pelat Lantai

KODE GAMBAR

SKALA

STR

1:50

NO. LEMBAR

JML GAMBAR

29

39



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
HOTEL 12 LANTAI DI MALANG
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN
PEKERJAAN
KOLOM,BALOK,DAN PLAT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono,CES
NIP.195591130 198601 1001

NAMA MAHASISWA

Rizky Dwi Zhafira
NRP. 10111410000073

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Hotel
Kondisi Tanah : Tanah
Keras
Mutu Beton : 35
Mpa
Mutu Baja :
400Mpa

NAMA GAMBAR

Penulangan Pelat Lantai

KODE GAMBAR

STR

NO. LEMBAR

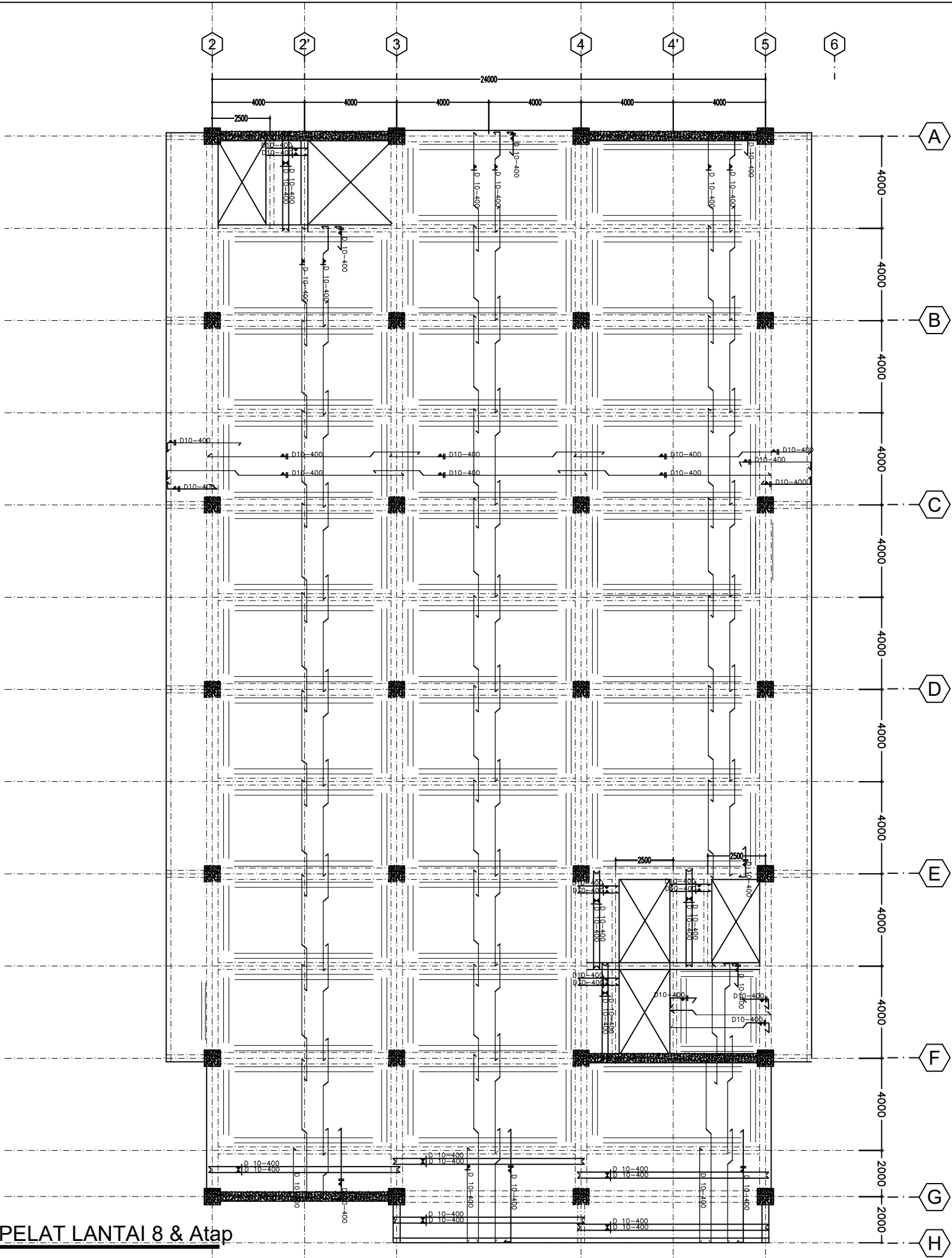
31

SKALA

1:50

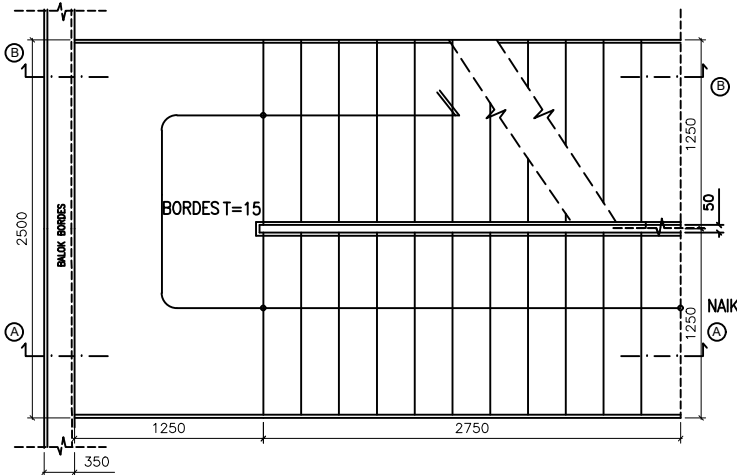
JML GAMBAR

39

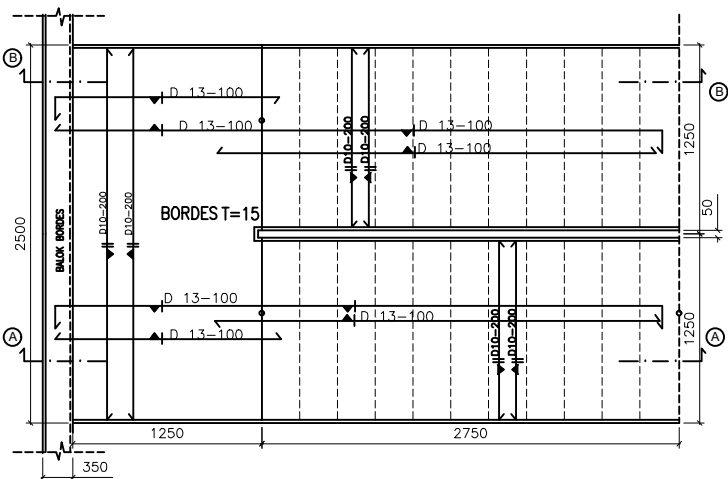


CATATAN ;
---=TULANGAN DIPASANG LAPIS PERTAMA ATAS
---=TULANGAN DIPASANG LAPIS PERTAMA BAWAH
---=TULANGAN DIPASANG LAPIS KE DUA BAWAH
---=TULANGAN DIPASANG LAPIS KE DUA ATAS
---=TULANGAN PEMBAGI Ø8-200 ATAS DAN BAWAH

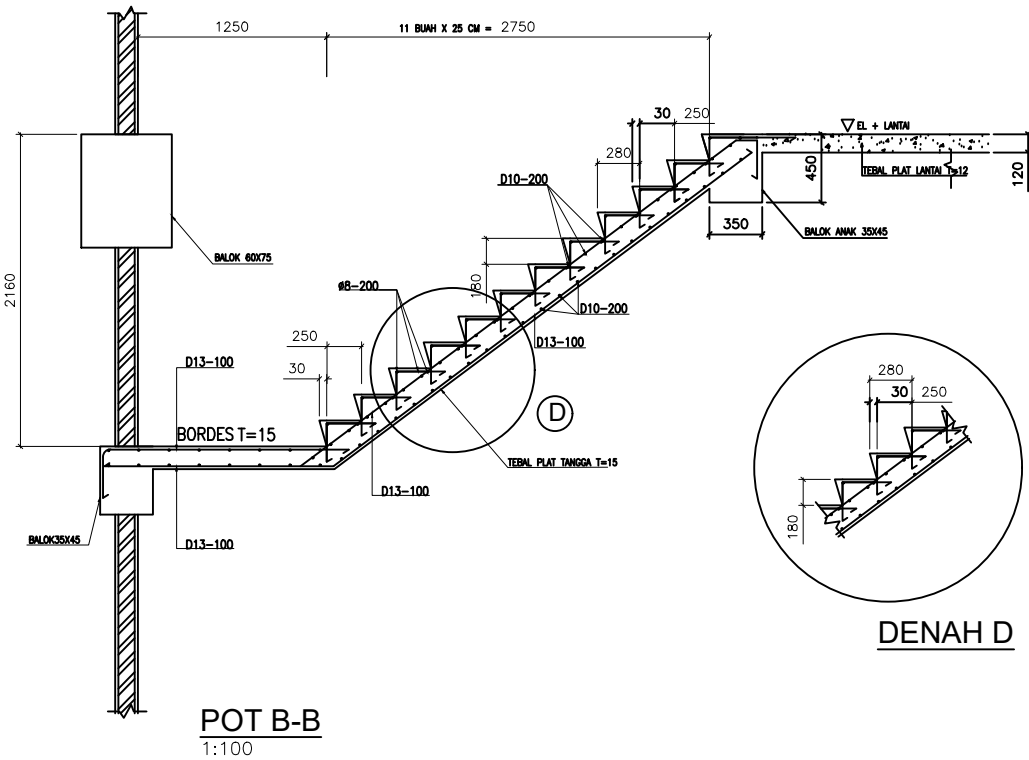
 PENULANGAN PELAT LANTAI 8 & Atap
SKALA 1:100



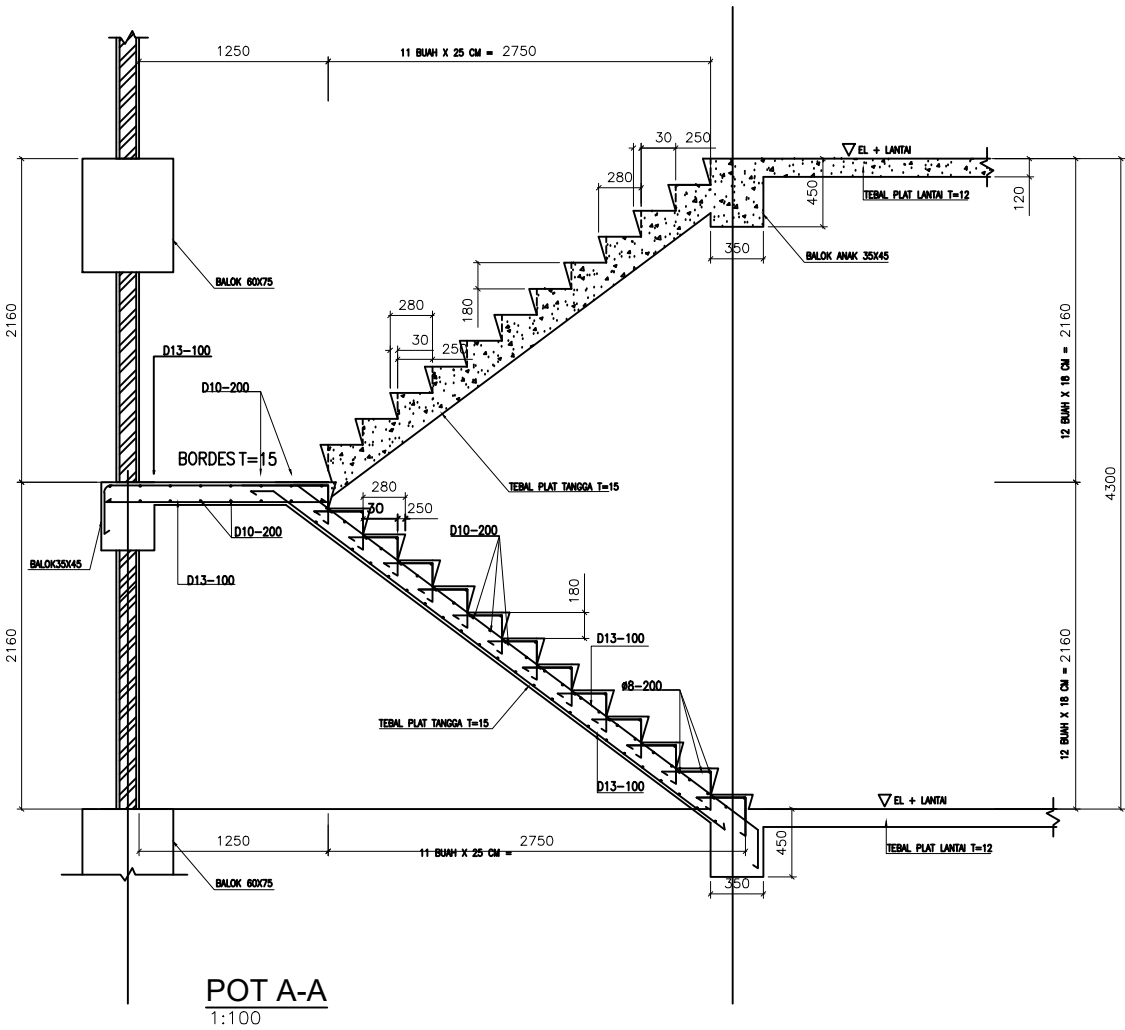
DENAH TANGGA
1:100



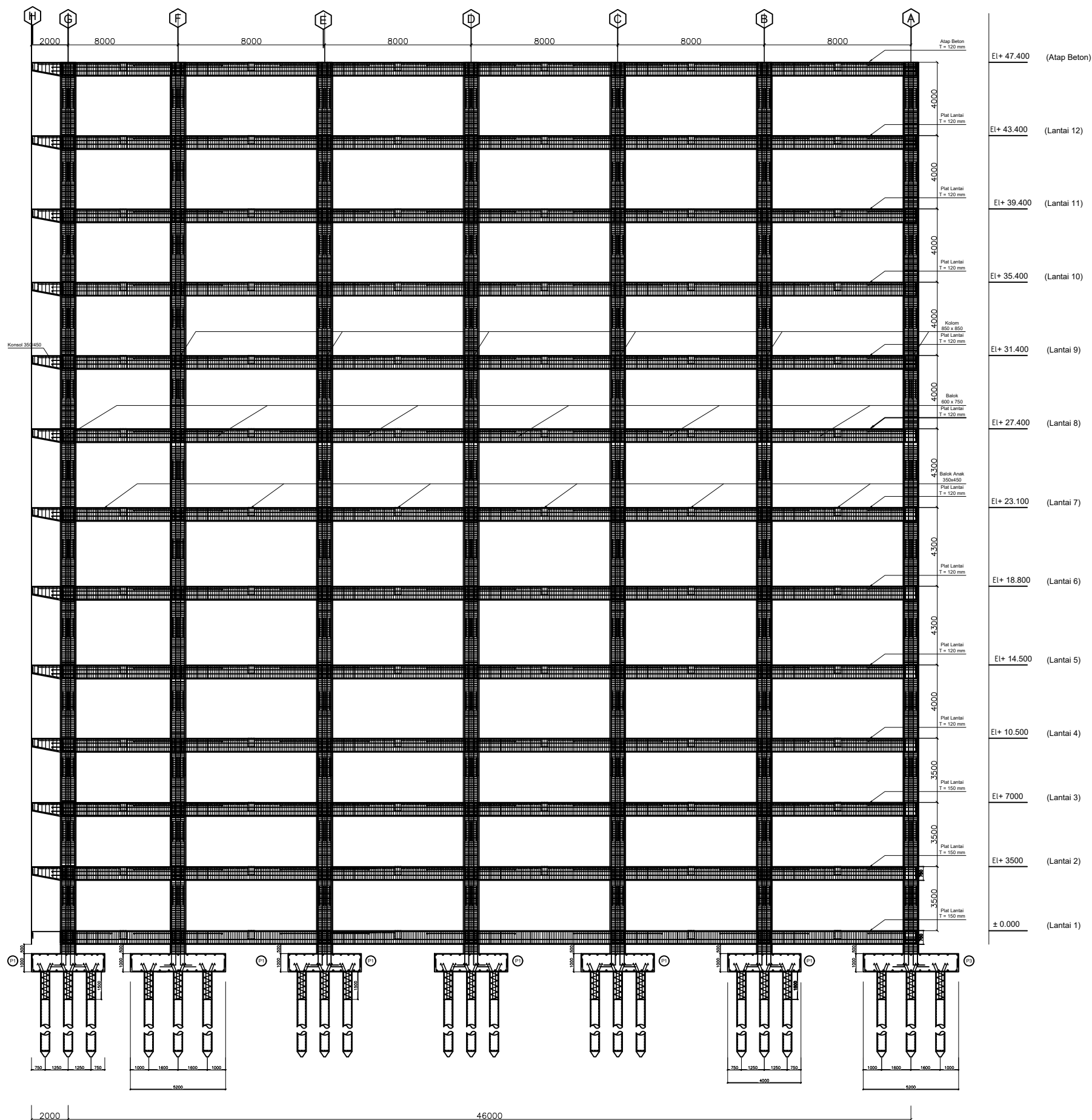
TULANGAN TANGGA TAMPAK ATAS
1:100



POT B-B
1:100



POT A-A
1:100



PORTAL MEMANJANG

SKALA 1:100

El+ 47.400	(Atap Beton)
El+ 43.400	(Lantai 12)
El+ 39.400	(Lantai 11)
El+ 35.400	(Lantai 10)
El+ 31.400	(Lantai 9)
El+ 27.400	(Lantai 8)
El+ 23.100	(Lantai 7)
El+ 18.800	(Lantai 6)
El+ 14.500	(Lantai 5)
El+ 10.500	(Lantai 4)
El+ 7000	(Lantai 3)
El+ 3500	(Lantai 2)
± 0.000	(Lantai 1)



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
HOTEL 12 LANTAI DI MALANG
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
KOLOM,BALOK,DAN PLAT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono,CES
NIP.195591130 198601 1001

NAMA MAHASISWA

Rizky Dwi Zhafira
NRP. 10111410000073

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Hotel
Kondisi Tanah : Tanah Keras
Mutu Beton : 35 Mpa
Mutu Baja : 400Mpa

NAMA GAMBAR

KODE GAMBAR

STR

NO. LEMBAR

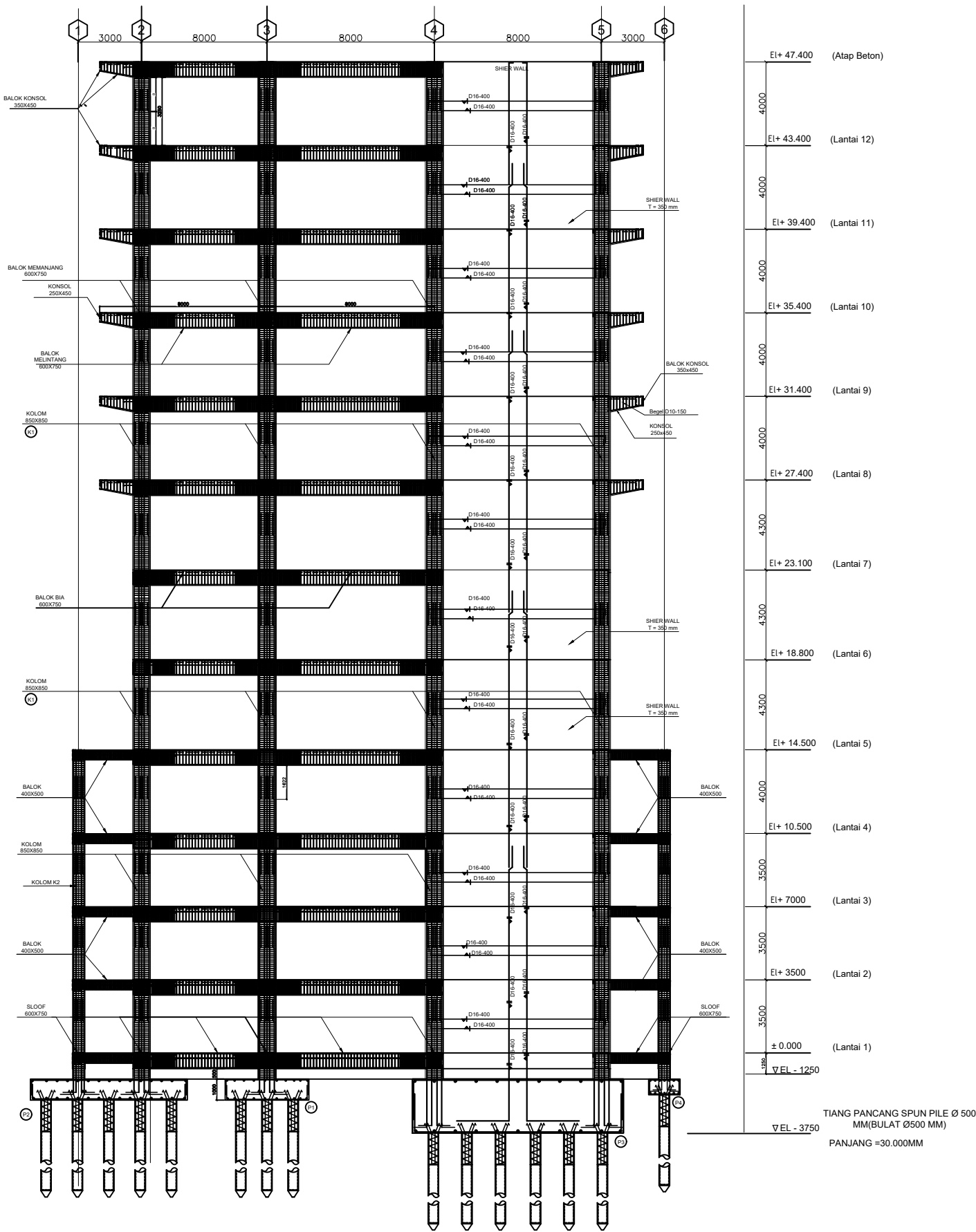
33

SKALA

1:40

JML GAMBAR

39



PORTAL MELINTANG As F

SKALA 1:100



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
HOTEL 12 LANTAI DI MALANG
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
KOLOM,BALOK,DAN PLAT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono,CES
NIP.195591130 198601 1001

NAMA MAHASISWA

Rizky Dwi Zhafira
NRP. 10111410000073

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Hotel
Kondisi Tanah : Tanah Keras
Mutu Beton : 35 Mpa
Mutu Baja : 400Mpa

NAMA GAMBAR

KODE GAMBAR

SKALA

STR

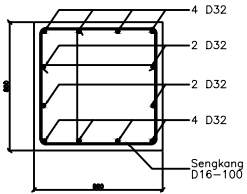
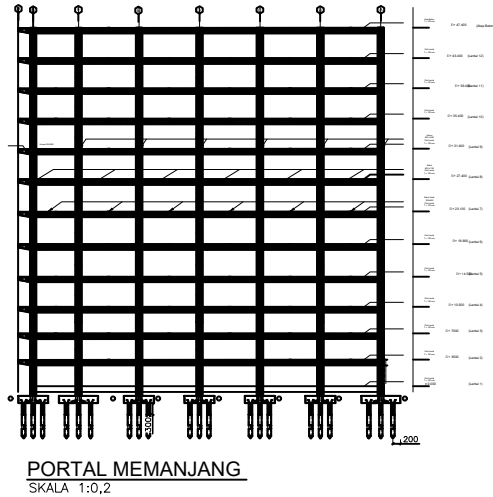
1:40

NO. LEMBAR

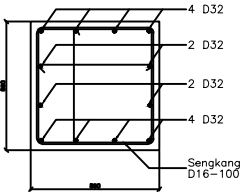
JML GAMBAR

34

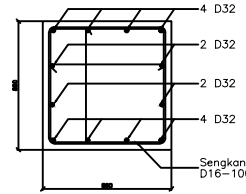
39



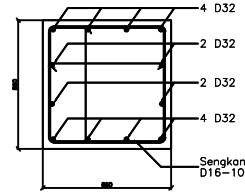
KOLOM POT.A-A (LANTAI 1 s/d 12)
skala 1:20



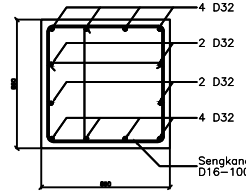
KOLOM POT.C-C (LANTAI 1 s/d 12)
skala 1:20



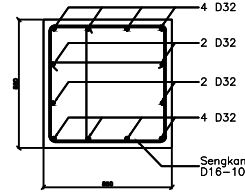
KOLOM POT.C-C (LANTAI 1 s/d 12)
skala 1:20



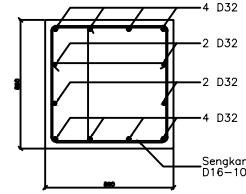
KOLOM POT.C-C (LANTAI 1 s/d 12)
skala 1:20



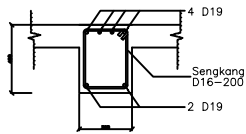
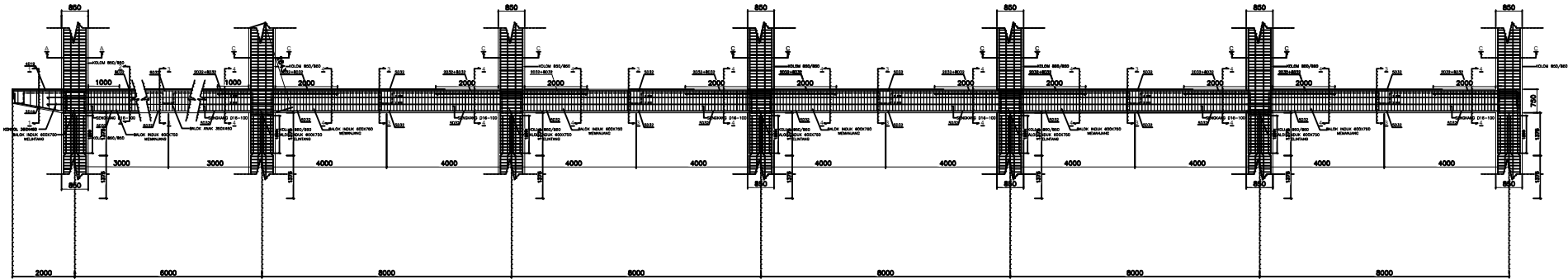
KOLOM POT.C-C (LANTAI 1 s/d 12)
skala 1:20



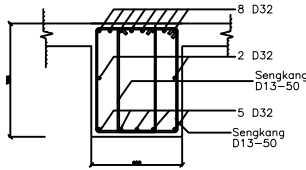
KOLOM POT.C-C (LANTAI 1 s/d 12)
skala 1:20



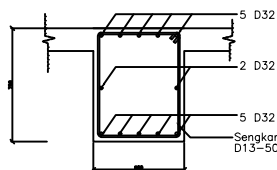
KOLOM POT.C-C (LANTAI 1 s/d 12)
skala 1:20



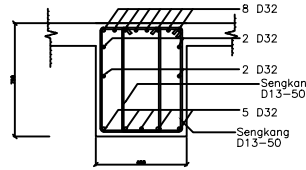
Pot.Kantilever/Konsol 1-1
skala 1:20



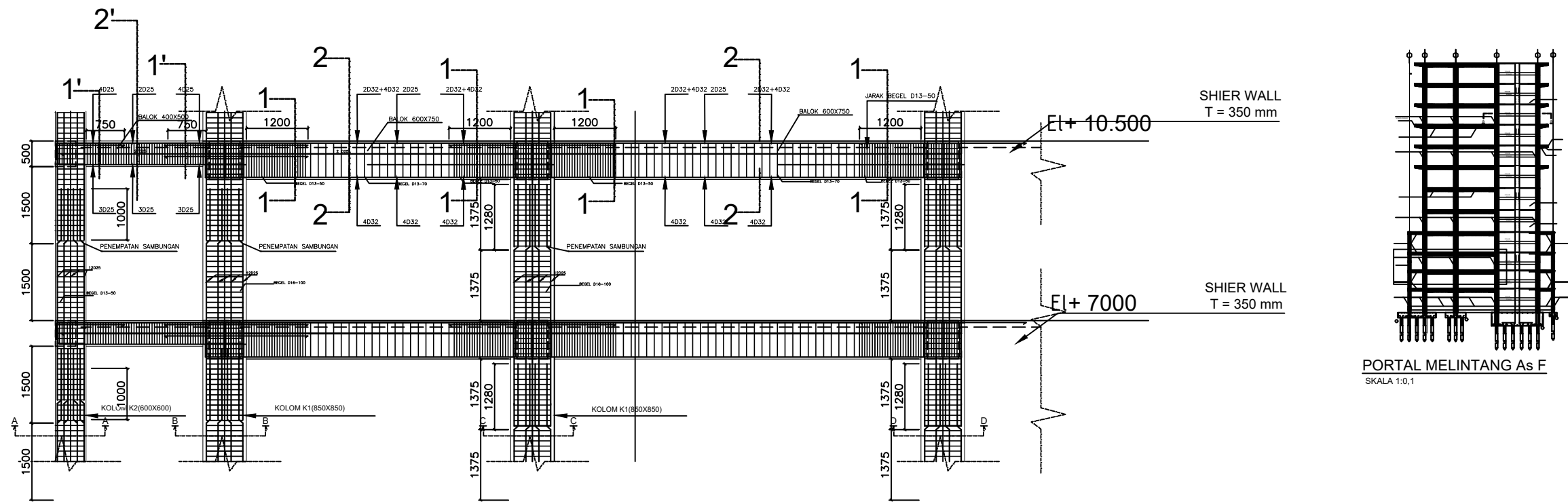
Pot Balok 2-2
skala 1:20



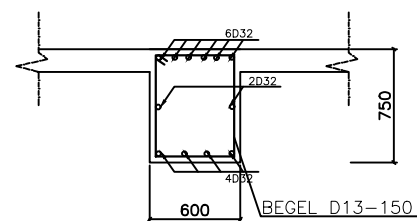
Pot. Balok 3-3
skala 1:20



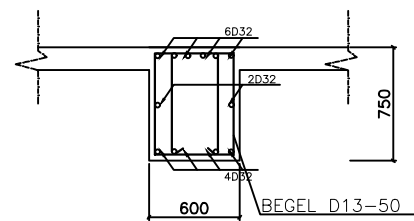
Pot Balok 4-4
skala 1:20



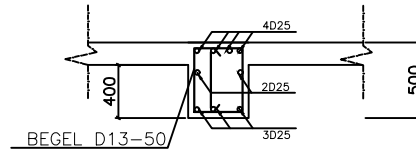
GAMBAR STRUCTURE PORTAL MELINTANG AS F
1:100



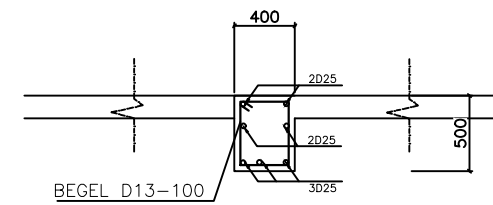
Pot Balok 2-2
skala 1:50



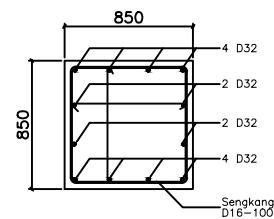
Pot Balok 1-1
skala 1:50



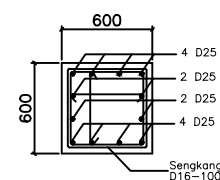
Pot Balok 1'-1'
skala 1:50



Pot Balok 2'-2'
skala 1:50

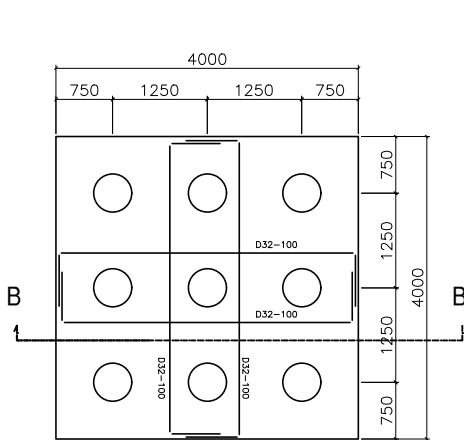


Pot Kolom B,C,D
skala 1:50



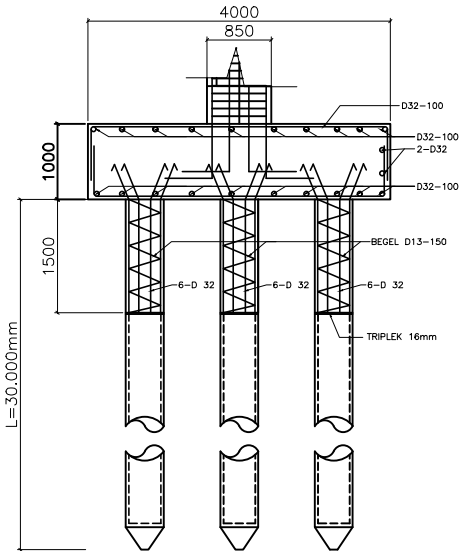
Pot Kolom A
skala 1:50

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN



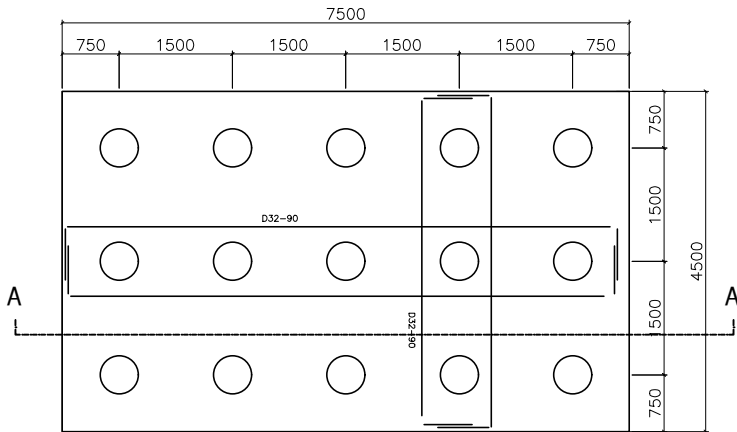
TAMPAK ATAS POER P1

1:100



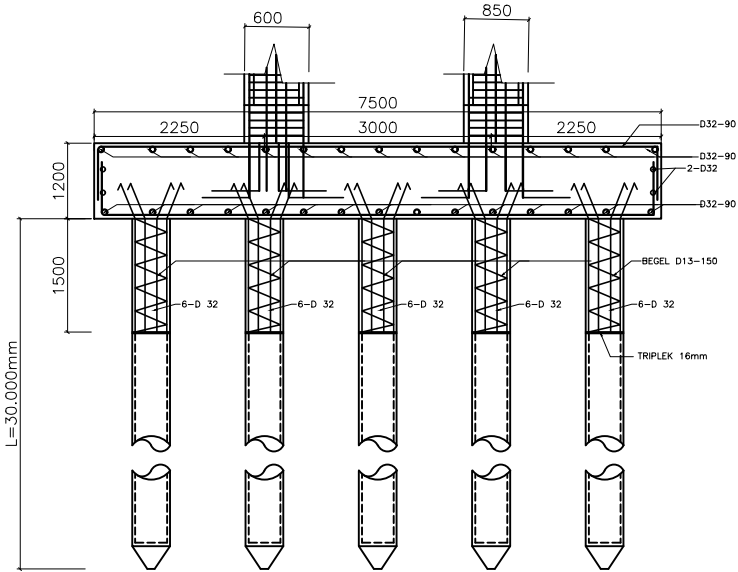
POER P1

1:100



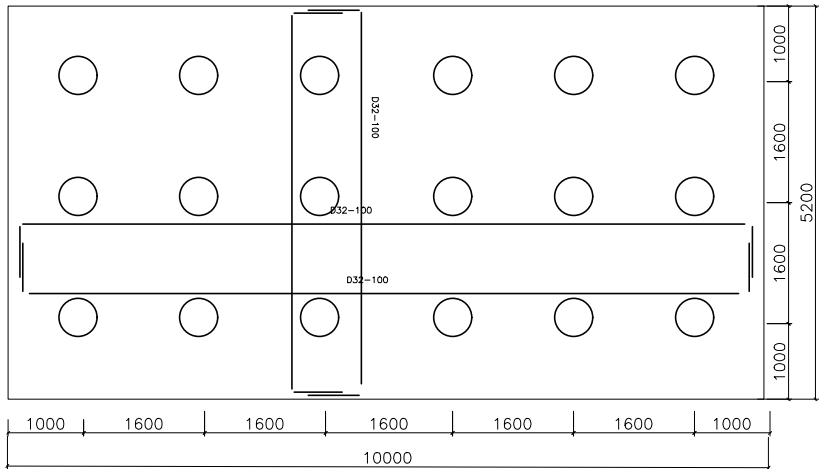
TAMPAK ATAS POER P2

1:100

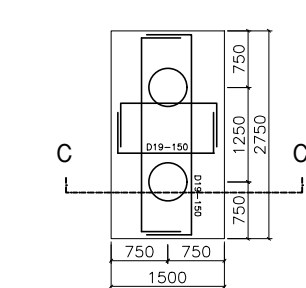


POER P2

1:100

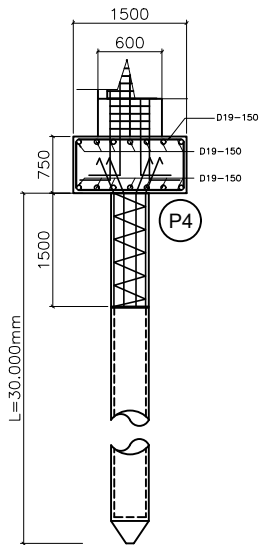


TAMPAK ATAS POER P3



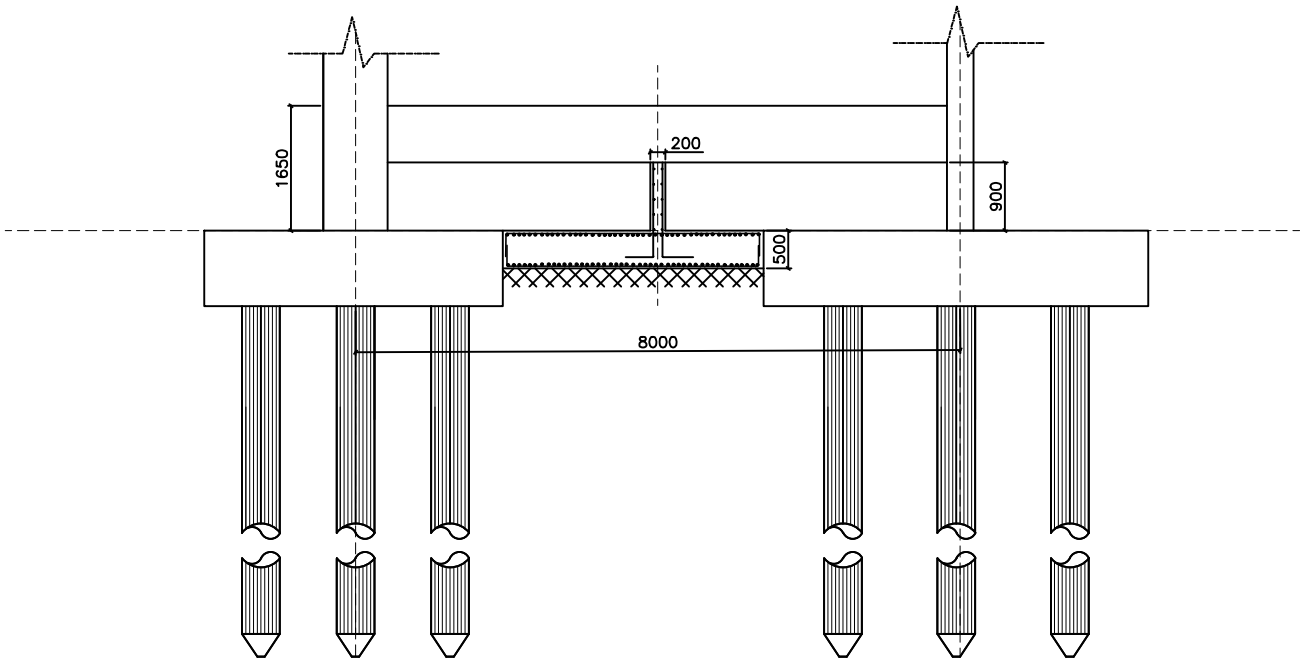
TAMPAK ATAS POER P4

1:100



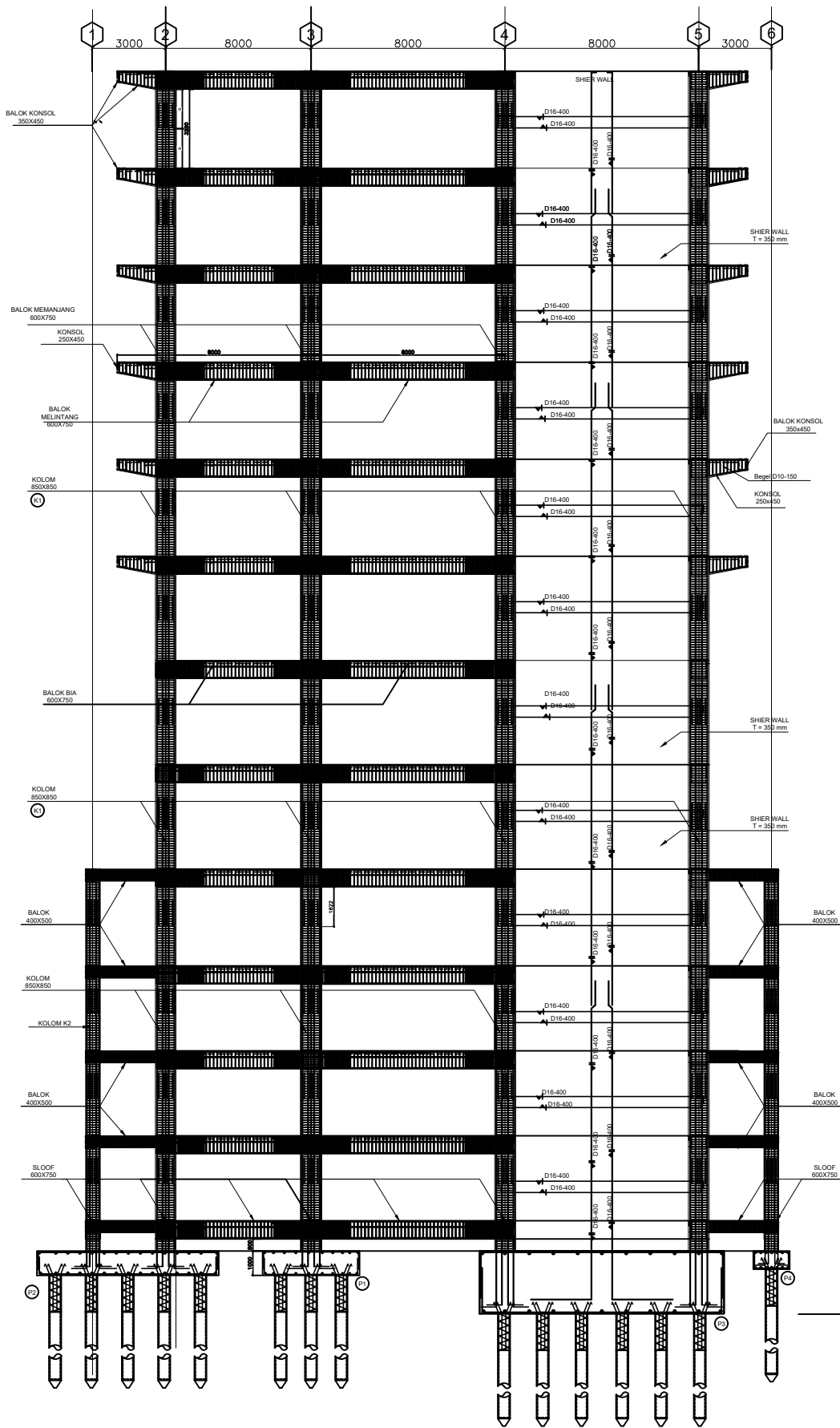
POER P4

1:100



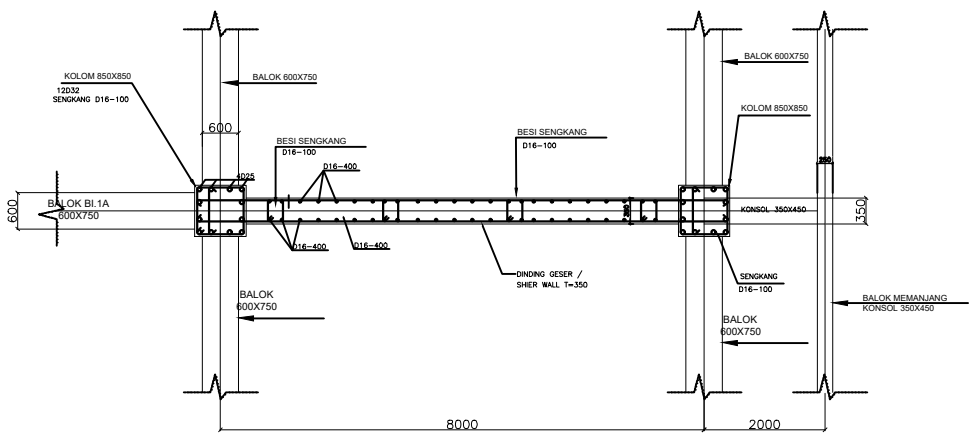
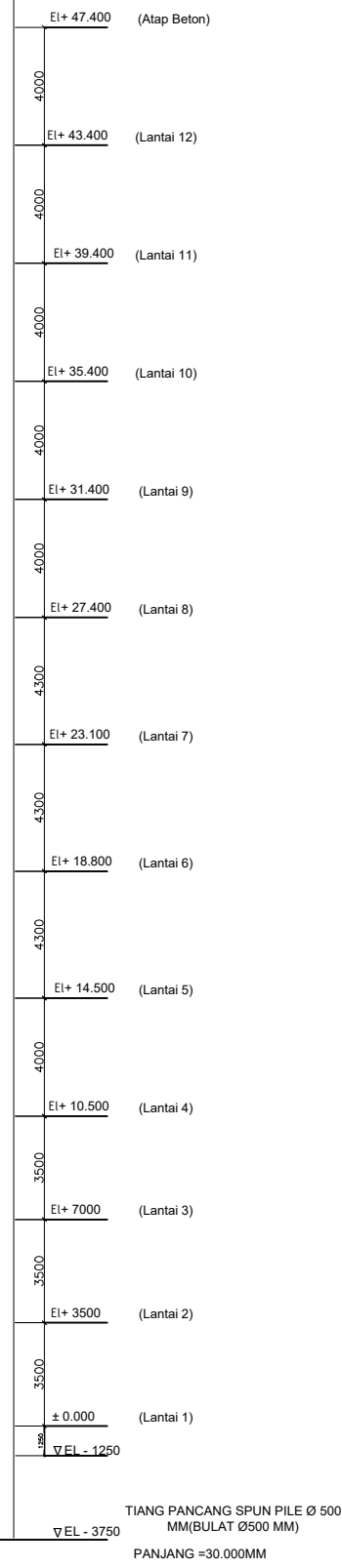
POT P'-P' (Pit Lift)

1:100

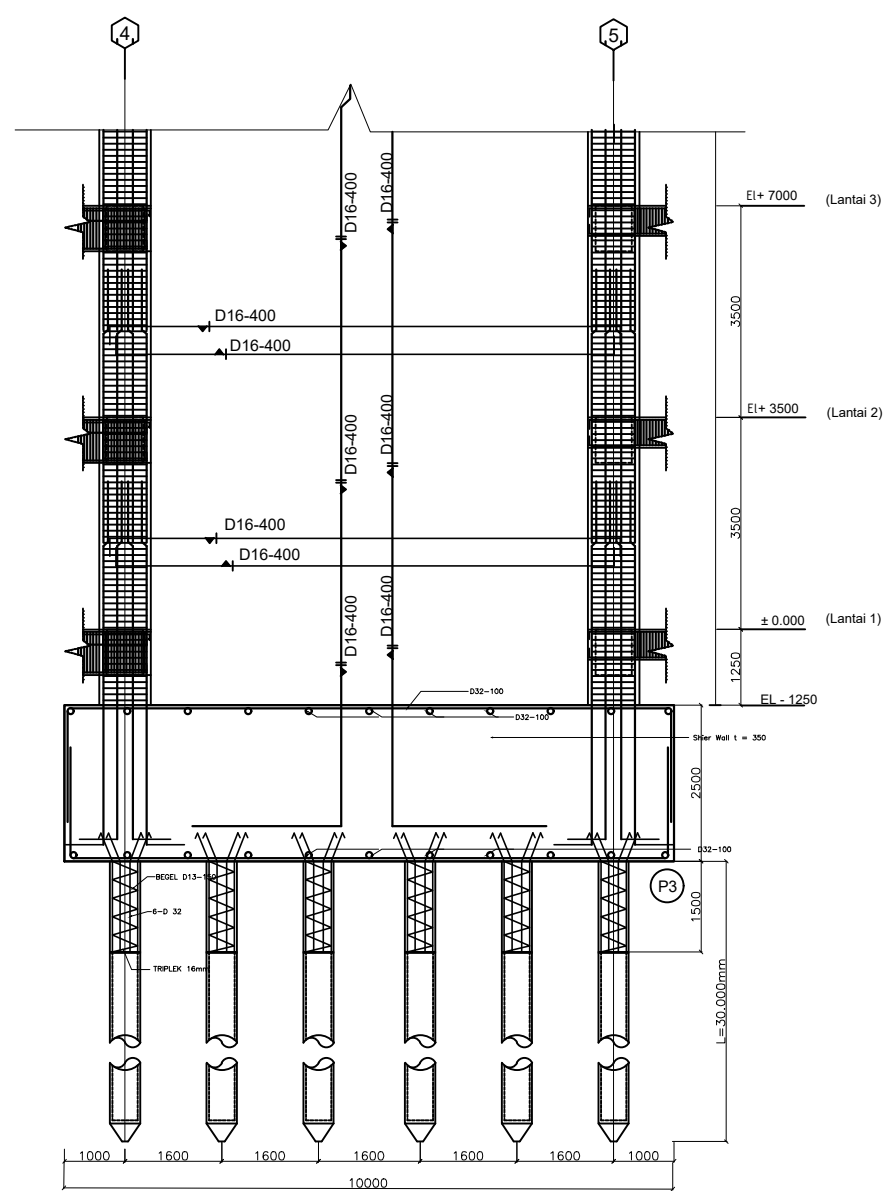


PORTAL MELINTANG As F

SKALA 1:100



TAMPAK ATAS PENULANGAN SHEARWALL
POTONGAN a-a
1:50



POER P3
1:50



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
HOTEL 12 LANTAI DI MALANG
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
KOLOM,BALOK,DAN PLAT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono,CES
NIP.195591130 198601 1001

NAMA MAHASISWA

Rizky Dwi Zhafira
NRP. 10111410000073

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Hotel
Kondisi Tanah : Tanah Keras
Mutu Beton : 35 Mpa
Mutu Baja : 400Mpa

NAMA GAMBAR

KODE GAMBAR	SKALA
STR	1:40
NO. LEMBAR	JML GAMBAR
39	39